

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL

INSTITUTO DE FÍSICA

A ORGANIZAÇÃO DO ENSINO DA FÍSICA

NO CICLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE²

Marco Antonio Moreira

Dissertação realizada sob a orientação de Dr. Fernando C. Zawislak, apresentada ao Instituto de Física da UFRGS, para obtenção do título de Mestre em Física.

FT 01.40. (Pesq)

²Trabalho parcialmente financiado pelas seguintes Instituições : Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico, Conselho Nacional de Pesquisas, Conselho de Pesquisas da UFRGS e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

A G R A D E C I M E N T O S

A Fernando C. Zawislak, pela orientação recebida.

Ao Prof. David Mesquita da Cunha, nosso estimado Diretor, recentemente falecido, pelo constante apoio recebido.

A Darcy Dillenburg e Gerhard Jacob, pelo estímulo recebido e pelo incentivo dado à criação de um grupo de pesquisa em ensino de Física no Instituto de Física da UFRGS.

A Mario Eduardo Costa, pela colaboração na coleta dos dados experimentais e pelas proveitosas discussões em torno de tema escolhido.

A Pedro da Rocha Andrade, pelas valiosas sugestões recebidas.

A Lúcia Garcia de Mello e Loureni Etcolani Saldanha, cujos ensinamentos em muito contribuíram para a realização deste trabalho.

A Luísa Zafaneli, pela inestimável colaboração prestada desde os primeiros esboços até a confecção final desta Dissertação.

A todos aqueles que de uma ou outra forma contribuíram para a realização deste trabalho.

Marcos Antonio Moreira
Porto Alegre, janeiro de 1972

RESUMO

É feita inicialmente uma abordagem de problemas decorrentes do constante aumento da população discente nas disciplinas de Física Geral, visando evidenciar a inadequação do ensino expositivo tradicional ao ensino de um grande número de alunos e destacar a necessidade da adoção de um ensino organizado. Posteriormente, fundamenta-se teoricamente o que se entende por ensino organizado e relata-se uma experiência realizada no Instituto de Física da UFRGS com estudantes de ciência e engenharia. Nesta experiência o grupo experimental foi submetido a um método no qual o professor assume o papel de organizador do ensino e é dada ênfase à participação ativa do aluno no processo de aprendizagem, enquanto que o grupo de controle foi submetido ao ensino tradicional expositivo. São apresentados alguns resultados experimentais, cuja análise estatística favorece o grupo experimental e sugere que o método ao qual foi submetido é mais eficiente do que o método expositivo.

Finalmente, é proposto um modelo de organização do ensino da Física no ciclo básico da Universidade.

A B S T R A C T

Initially some problems are discussed, which originate from the increase of the student population in General Physics Courses, with the objective of making clear the inadequacy of the usual method of teaching and to emphasize the need of an organized teaching. Subsequently we explain theoretically what is meant by organized teaching and we describe an experiment carried out at the Instituto de Física da Universidade Federal de Rio Grande do Sul with sophomore students of science and engineering. In the experimental group the emphasis was in the active participation of the student in the process of learning and the essential function of the teacher was to organize the conditions of learning. The control group was submitted to the usual method of teaching. Some results are presented and the statistical analysis of such results indicates that the method used for the experimental group was more efficient than the usual one.

Finally, a model of organization of a General Physics Course is proposed.

I N D I C E

I - INTRODUÇÃO	1
II - PROBLEMAS DECORRENTES DO AUMENTO DA POPULAÇÃO DISCENTE NO ENSINO DE FÍSICA GERAL	4
III - O ENSINO ORGANIZADO	18
IV - DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA REALI- ZADA NO CAMPO DO ENSINO DA FÍSICA GERAL NO CI- CLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE	34
V - ESTUDO COMPARATIVO DOS RESULTADOS GERAIS DA DISCIPLINA FÍSICA II DESDE 1967 ATÉ 1971	49
VI - PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE ORGANIZAÇÃO DO EN- SINO DA FÍSICA NO CICLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE	55
ANEXO I	60
ANEXO II	63
ANEXO III	70
ANEXO IV	73
REFERÊNCIAS	75

I - INTRODUÇÃO

O ensino da Física, entendida como disciplina de formação científica, não pode ser desvinculado do problema educacional de nosso tempo, que em última análise é uma decorrência do constante aumento da população estudantil em todos os níveis. "O aumento da população estudantil e a urgente necessidade de expansão do sistema educacional em todos os níveis é um dos mais importantes problemas sociais de nossos tempos, o qual nas Universidades é sentido com maior vigor e deve ser tratado mais enérgicamente nas áreas de mais rápido desenvolvimento. Certamente as ciências naturais e em particular a Física pertencem a essa categoria."¹⁾

No presente trabalho, no entanto, não temos a pretensão de analisar um problema tão amplo e complexo como o problema educacional e nos restringiremos apenas à abordagem de uma pequena parcela de mesmo, que é o ensino da Física Geral no ciclo Básico da Universidade, entendido aqui como aquele constituído de disciplinas básicas para o ciclo profissional. A abordagem que nos propomos deverá estar, portanto, sempre que possível relacionada com aspectos educacionais. As primeiras tentativas de uma mudança radical no ensino da Física foram feitas na escola secundária, com o surgimento dos "Projetos", dentre os quais destacamos o Physical Science Study Committee (PSSC)²⁾ e o Harvard Project Physics²⁾ nos Estados Unidos, e o Huxfield Science Teaching Project²⁾ na Inglaterra. Estes Projetos têm aplicabilidade discutível em países que não sejam os de origem, porém nestes certamente representaram e continuam representando um notável incremento ao ensino da Física em nível secundário. Muitos outros Projetos existem atualmente voltados para o ensino de ciências na escola secundária e até mesmo para a escola primária³⁾, porém no nível universitário e, particularmente, em

Física não conhecemos exemplos de mudanças radicais realizadas em larga escala, semelhantes às ocorridas na escola secundária. Novos textos⁴⁾ de Física Geral foram elaborados, alguns deles procurando introduzir inovações na maneira de apresentar o conteúdo, guias de estudo para o aluno, guias para o professor, guias de laboratório, etc. Além disso, têm surgido vários textos programados⁴⁾ e um grande número de meios áudio-visuais com a finalidade de fornecer maiores recursos a professores e alunos. Observam-se assim muitas tentativas de melhorar o ensino da Física Geral na Universidade; não existe, no entanto, uma conjugação de esforços, a fim de tentar-se fazer uma mudança radical, tal como ocorreu na escola secundária. Não queremos dizer que a elaboração de "Projetos para o ensino da Física em nível universitário" venha a resolver o problema do grande aumento da população discente que leva à massificação do ensino, porém a elaboração de um Projeto envolve também uma definição de objetivos e uma filosofia. Assim sendo, mesmo que tais Projetos fossem de aplicabilidade limitada, certamente trariam uma contribuição mais efetiva de que tentativas isoladas, as quais, via de regra, são feitas através de novos textos que, em essência, apresentam o mesmo conteúdo sob diferentes pontos de vista. Um Projeto dessa natureza é elaborado em equipe, e esta inclui não só especialistas em Física, mas também em matéria correlatas e, o que é importante, educadores e psicólogos, além de outros especialistas. Desta forma, a tentativa de resolver o problema do ensino de uma certa disciplina não fica desvinculado do problema educacional em si.

A presente dissertação, que tem por objetivos evidenciar a inadequação do método expositivo tradicional ao ensino de massas e enfatizar a necessidade da adoção de um ensino ex

ganizado, será desenvolvida considerando que não é possível resolver o problema da massificação do ensino de Física Geral sem colocá-lo num contexto mais amplo, que é o da Educação, e estará assim estruturada: inicialmente será feita uma abordagem de problemas decorrentes do aumento da população discente; a seguir, apresentaremos as diversas componentes de ensino organizado, com alguns exemplos aplicados à Física; posteriormente, relataremos os resultados obtidos em experiências feitas pelo autor com base no ensino organizado, para chegarmos finalmente à proposição de um modelo de organização do ensino de Física no Ciclo Básico da Universidade.

II - PROBLEMAS DECORRENTES DO AUMENTO DA POPULAÇÃO DISCENTE NO ENSINO DE FÍSICA GERAL

Com a implantação da Reforma Universitária, a criação de Institutos Centrais e o aumento de matrículas, o ensino de Física Geral, bem como de outras disciplinas de caráter básico, passou a ser ensino de massas face ao elevado número de alunos que devem cursar tais disciplinas básicas nos Institutos a fim de habilitarem-se ao ciclo profissional. Deste fato decorrem ou poderão vir a decorrer vários problemas, dentre os quais destacamos os seguintes: falta de professores em quantidade e/ou qualidade; heterogeneidade de conhecimentos e capacidades dos alunos que ingressam na Universidade; diversificações de interesses, por parte dos alunos, em função da carreira escolhida; dificuldade de homogeneização dos critérios de avaliação nas diferentes turmas de uma mesma disciplina; dificuldade em dar atendimento individual ao aluno; falta de instalações e equipamento didático; dificuldade de encontrar livro texto adequado.

Nos itens seguintes passaremos a uma análise geral dos problemas mencionados, porém sem a preocupação imediata de propor soluções, embora em alguns casos eventuais tentativas de soluções possam ser delineadas nos comentários feitos.

II.1 - Falta de professores em quantidade e/ou qualidade

O problema do professor, em nossa opinião, é realmente um problema crucial. Algumas Universidades carecem de professores por falta de candidatos qualificados ou por falta de recursos financeiros, porém o segundo obg táculo geralmente é contornado de uma ou de outra forma, inclusive a implantação dos regimes de 24 horas,

tempo integral e dedicação exclusiva está aumentando progressivamente a capacidade docente das Universidades Brasileiras. A gravidade do problema, em nossa opinião, reside no preparo e no posicionamento do professor. Quando falamos em preparo, obviamente não nos referimos somente a conteúdo mas também ao preparo didático: para ensinar não basta ser especialista na matéria de ensino, é preciso saber como ensinar e o que é ensinar. De um modo geral, a Universidade não exige de seus professores formação pedagógica; assim, um bacharel em Física ou um Engenheiro podem lecionar Física Geral no ciclo básico de uma Universidade apesar de que estes profissionais via de regra não têm formação pedagógica e, conseqüentemente, talvez não tenham uma idéia correta de que é ensinar Física ou ensinar qualquer outro assunto. Um professor nestas condições provavelmente procederá da mesma maneira como em geral procediam seus antigos mestres, isto é, centralizará o ensino em torno de si, tornando-se, involuntariamente, a figura mais importante dentro da classe e talvez passe a ser um mero emissor de conhecimentos. O aluno, por sua vez, está acostumado a este tipo de ensino, talvez desde a primeira escolarização, e não reagirá quanto ao método a que está sendo submetido, mas reagirá em relação ao indivíduo, considerando-o bom ou mau professor, conforme sua capacidade oratória e o maior ou menor domínio demonstrado sobre a matéria de ensino. De uma maneira geral, o aluno coloca-se numa atitude passiva neste processo de aprendizagem, anotando as palavras do professor e estudando-as posteriormente, complementando suas anotações com alguns tópicos do livro texto, para finalmente responder às questões das verificações e exames. Assumindo esta atitude passiva, o aluno não está desenvolvendo sua criatividade e, depois de formado, provavelmente terá dificuldades em resolver problemas sob

nhe e dar-se-á conta de que já esqueceu grande parte de que "aprendeu" na Universidade. Observe-se que de um modo geral o aluno é submetido a este tipo de ensino também no ciclo profissional, de modo que ao concluir o curso superior dificilmente estará em condições de entrar diretamente num esquema em posição de liderança, pois certamente terá que passar por um período de adaptação, que poderá ser bastante longo, e durante o qual se dará conta que, de um modo geral, o indivíduo somente aprende aquilo que faz por si mesmo. O ensino expositivo tradicional, centralizado no professor, é sob certo aspecto anti-econômico, pois investe-se elevada soma na formação de um estudante, durante vários anos e este, ao se graduar, possui apenas um título e uma grande quantidade de informações, não estando habilitado a produzir de imediato. O investimento em educação, deste modo, torna-se um investimento a longuíssimo prazo e anti-econômico, pois o profissional deveria sair da Universidade em condições de produzir mais imediatamente, colaborando assim de maneira efetiva no seu meio. O ensino tradicional é talvez por demais acadêmico e, via de regra, não capacita o indivíduo, não desenvolve sua capacidade criadora nem lhe inculca uma atitude científica de trabalho, apenas lhe fornece um título. O resultado é que muitos de nossos engenheiros, por exemplo, serão encontrados posteriormente ocupando cargos burocráticos ou executando tarefas decorrentes de uma tecnologia já recebida pronta, na qual sua participação foi nula.

II.2 - Heterogeneidade de conhecimentos e capacidades dos alunos que ingressam na Universidade

Outro problema bastante sério que se enfrenta no ciclo básico da Universidade é o da heterogeneidade de conheci-

-7-

e das capacidades dos alunos que ingressam na Universidade. Esta questão, diga-se de passagem, está intimamente relacionada com a escola média, a qual acaba de ser reformulada pelo Governo Federal⁵⁾; a Reforma do ensino de 1º e 2º graus, no entanto, processar-se-á de maneira gradativa, e seus efeitos, por certo positivos, talvez ainda tardem um pouco a repercutir na Universidade em toda sua plenitude.

Atualmente, a massa de alunos que ingressa na Universidade é altamente heterogênea, pois o mecanismo de seleção é falho e o treinamento recebido no "cursinho" já cumpriu sua missão. Recebe-se alunos com as mais diversas capacidades intelectuais e motoras, com os mais diversos níveis de conhecimento. No campo da Física, por exemplo, alguns alunos fizeram no curso secundário algumas práticas de laboratório, outros jamais entraram num laboratório. A quantidade de informações difere de um aluno para outro, mas mesmo aqueles que fizeram um "bom curso de Física" na escola secundária geralmente não são capazes de atacar um problema sem esperar pelo professor, demonstrando grande dependência e falta de iniciativa.

Esta heterogeneidade por parte dos alunos é um problema seriíssimo enfrentado pelos Institutos que ministram as disciplinas básicas e frequentemente conduz a um elevado índice de reprovação. Obviamente, este elevado índice de reprovações não é fruto apenas da falta de condições do aluno, mas também da própria estrutura de ensino a que é submetido. A reprovação em massa é antes de tudo anti-econômica, causando aumento fictício da população discente e contribuindo cada vez mais para a heterogeneização da mesma população.

O Decreto-Lei nº 464, de 11 de fevereiro de 1969, em seu artigo 5º prevê o seguinte:

"Nas instituições de ensino superior que mantenham diversas modalidades de habilitação, os estudos profissionais de graduação serão precedidos de um primeiro ciclo, comum a todos os cursos ou a grupos de cursos afins, com as seguintes funções:

- a) recuperação de insuficiências evidenciadas pelo concurso vestibular na formação de alunos;
- b) orientação para escolha de carreira;
- c) realização de estudos básicos para ciclos ulteriores."

Observe-se que provavelmente nos três objetivos está implícita uma preocupação em homogeneizar a massa de alunos recebida pela Universidade e esta tentativa talvez venha a atenuar a questão da heterogeneidade. Este primeiro ciclo, em nossa opinião, pode ser inserido no contexto mais amplo de que chamamos de ciclo básico e considerado como uma primeira fase deste último. Evita-se assim uma possível confusão entre disciplinas básicas do ciclo profissional (que constituem o ciclo básico) e disciplinas do primeiro ciclo, cujos objetivos são os do Decreto-Lei. Assim sendo, supenhemos que numa certa Universidade a duração do primeiro ciclo seja um semestre, nesse caso a disciplina de Física Geral, por exemplo, seria ministrada em um semestre, com os objetivos de: a) recuperar insuficiências; b) orientar para a escolha da carreira; e) realização de estudos básicos. Evidentemente, este semestre não seria suficiente para a formação básica, em Física Geral, de alunos que optassem por Engenharia ou Física no ciclo profissional. Então, os alunos que tivessem feito tal opção deveriam cursar mais três ou quatro semestres de Física Geral, partindo dos estudos feitos no primeiro ciclo e concluindo assim a formação básica em Física. Procedendo da mesma forma em relação a outras disciplinas básicas da

ra e curso a que se destinassem, o aluno teria concluído o ciclo básico e estaria apto a ingressar no curso profissional. Poderia ocorrer, também, que a formação em Física Geral, obtida no primeiro ciclo, fôsse suficiente para um determinado curso; neste caso, o ciclo básico para esse curso teria apenas um semestre de Física Geral, e do primeiro ciclo, mas teria outras disciplinas com mais de um semestre.

Intimamente ligado ao primeiro ciclo está o vestibular, inclusive porque o primeiro ciclo se propõe a suprir deficiências reveladas no vestibular, mas o último, tal como está estruturado atualmente, é um mecanismo não muito eficiente para revelar tais insuficiências. Há, no entanto, uma tendência⁶⁾ a que o vestibular não tenha apenas a função de distribuir vagas, mas também (e principalmente) a de diagnosticar a formação com que os candidatos chegam à Universidade. Há também a tendência em unificar os concursos vestibulares primeiramente no âmbito de uma ou mais Universidades e posteriormente em âmbito regional. Estes passos, no entanto, são muito lentos; aos poucos se vai processando a unificação mas ainda está longe o dia em que o vestibular assumirá somente a função permanente de diagnosticar as condições de cada candidato e esteja voltado mais para a aferição de aptidões do que de informações. Atualmente, o vestibular, de um modo geral, avalia de forma muito precária a quantidade de informações trazida pelo candidato. Com a unificação do vestibular e a unificação de vários assuntos numa mesma prova, a eventual deficiência de um candidato em uma disciplina será avaliada a partir de um reduzido número de questões sobre o assunto. Considerando esta limitação do vestibular poder-se-ia pensar num primeiro ciclo, constituído de disciplinas de caráter mais geral que fizessem uma seleção a longo prazo (em relações

vestibular) e que talvez conduzisse a uma maior homogeneização por parte dos alunos classificados para a carreira escolhida em primeira opção. Ocorre porém que o número de vagas por carreira é limitado e provavelmente a heterogeneização ocorrerá em disciplinas básicas de outras carreiras, tendo em vista que este primeiro ciclo seria altamente competitivo.

Assim sendo, a heterogeneidade de conhecimentos e aptidões por parte dos alunos provavelmente perdurará e constituir-se-á num problema a resolver, pelo menos no âmbito do primeiro ciclo, se supusermos, de maneira otimista, que, concluído este, a massa de alunos que ingressará nas disciplinas básicas será mais homogênea.

II.3 - Diversificação de interesses, por parte dos alunos, em função da carreira escolhida

Outro problema do ensino no ciclo básico é o da diversificação de interesses por parte dos alunos face à carreira escolhida. Em muitas Universidades persiste o ingresso por curso e, obviamente, um aluno que ingressa na Escola de Engenharia, acreditando que o engenheiro é um profissional que somente lida com máquinas, tabelas e régua de cálculos e, portanto, com uma falsa idéia, resistirá ao estudo de disciplinas básicas como a Física. Infelizmente, este aluno, através do contato com colegas do ciclo profissional ou por já estar cursando disciplinas de aplicação, vê fortalecida a sua opinião de que a Física e a Matemática de ciclo básico são desnecessárias porque as disciplinas de formação profissional muitas vezes não usam os conhecimentos de Física e Matemática adquiridos pelos estudantes. E não usam porque talvez seus professores tenham se desatualizado em relação à pesquisa básica e aplicada e, involuntariamente,

estejam formando engenheiros operacionais ao invés de verdadeiros engenheiros. Por outro lado, alunos que pretendam se dedicar à pesquisa e estão sequeiosos de estudar com maior profundidade alguns tópicos, sentem-se frustrados em cursar disciplinas de formação básica, que na verdade são necessárias às suas aspirações científicas.

II.4 - Dificuldade de homogeneização de critérios de avaliação nas diferentes turmas de uma mesma disciplina

Imaginemos agora uma disciplina na qual estão matriculados 1500 alunos distribuídos em 30 turmas de 50 alunos. Admitamos que em média um professor atenda duas turmas; existirão, portanto, quinze professores trabalhando na mesma disciplina e abordando os mesmos assuntos em 30 turmas diferentes. Provavelmente não haverá homogeneidade nos critérios de avaliação usados nas diferentes turmas, pois o ensino tradicional é centralizado no professor e dá a este plena autonomia para avaliar seus alunos de acordo com seus próprios critérios. Pode ocorrer que a disciplina tenha diretrizes gerais, porém se o tipo de ensino for o tradicional, estas diretrizes não comprometerão a total autonomia do professor. É bastante provável então que as diferentes turmas estejam submetidas a diferentes critérios de avaliação, o que, convenhamos, é absurdo, pois trata-se de uma só disciplina e deveria haver absoluta uniformidade de critérios. Não havendo homogeneização na avaliação poder-se-á chegar ao extremo de que a aprovação de um aluno dependa do fato de estar matriculado na turma X ou Y.

II.5 - Dificuldade em dar atendimento individual ao aluno

Consideremos um professor que atenda 100 alunos (2 turmas). Observe-se que este número é relativamente modesto em se tratando de ciclo básico, pois devido ao grande número de alunos e ao reduzido número de professores, cada professor é obrigado por vezes a encarregar-se de 3 turmas de até 60 alunos. Se este professor quiser dedicar a cada aluno seu 10 minutos de atendimento individual, extra-classe, por semana, ele deverá dedicar semanalmente cerca de 17 horas em atendimento de alunos. Acrescente-se a isso as horas de trabalho em classe, preparação e correção de trabalhos e chegar-se-á à conclusão de que este professor não poderá fazer nada além de executar as tarefas inerentes ao atendimento de duas turmas de 50 alunos, a menos que não faça seu trabalho conscientemente. Mas obviamente é um absurdo que um professor universitário não disponha de tempo para estudar e se atualizar, para fazer cursos de pós-graduação e para pesquisar na sua área de trabalho. O professor que gastar todo seu tempo em ministrar aulas, atender alunos e corrigir trabalhos, dentro de algum tempo estará desatualizado, entrará na rotina e poderá vir a prejudicar a formação de seus alunos, ao invés de contribuir efetivamente para ela.

Alguns professores de ciclo básico, pelos seus encargos docentes, realmente não têm tempo para atender individualmente seus alunos; outros, no entanto, dispõem de tempo mas não o fazem porque estão conscientes da necessidade de constante atualização e empregam o tempo disponível fazendo cursos de pós-graduação, por exemplo. Deprecende-se então que o aluno de ciclo básico praticamente não dispõe de atendimento extra-classe, mas este atendimento, se houvesse, certamente viria a beneficiar o aluno. Partindo-se então da hipótese de que o atendimento extra

classe é necessário, deve-se procurar uma solução. Algumas Universidades usam o sistema de alunos monitores para solucionar o problema; não cremos, no entanto, que esta solução, apesar de apresentar vários aspectos positivos, seja a única ou a melhor solução.

II.6 - Falta de instalações e equipamento didático

Reportemo-nos primeiramente à questão das instalações, na qual nos deteremos apenas no aspecto qualitativo, já que o aspecto quantitativo é uma decorrência natural do crescimento da população estudantil, que pode ser enfrentada mediante maior disponibilidade de recursos financeiros.

Em nossa opinião, o problema passa a ser de ordem didática no momento de planejar as instalações destinadas ao ensino propriamente dito, pois a sala de aula deve ser adequada ao tipo de ensino que será ministrado. Grandes anfiteatros para conferências e aulas demonstrativas, por exemplo, serão de pouca utilidade se o método de ensino não for o método expositivo tradicional. Uma biblioteca, por maior que seja o acervo e por mais ampla que seja, certamente deixará a desejar no caso em que o ensino ministrado implique em atividades extra-classe que exijam cabines para pequenos grupos e salas de recursos audio-visuais. Uma sala de aula com cadeiras de braço servirá apenas para aulas expositivas, ao passo que uma sala com pequenas mesas para quatro alunos poderá ser usada para trabalhos em grupo, para aulas de laboratório e também para aulas expositivas. Creemos que modernamente deve-se pensar muito antes de se construir salas com finalidade específica, tais como "salas de aula", "salas de laboratório", "salas de projeção", "salas de trabalho em grupo", etc. É bastante provável que no ensino de massas as salas ver-

séteis sejam de maior utilidade.

Quanto à falta de equipamento didático (material de laboratório, projetores, filmes, slides, etc) trata-se também de um problema a ser enfrentado, porém, em nossa opinião, não é um problema crucial. Entendemos que é perfeitamente viável administrar bons cursos de Física Geral sem contar com equipamento sofisticado, com recursos áudio-visuais tais como filmes, retro projetores, etc. Numa aula de laboratório, por exemplo, o importante é mudar o comportamento do aluno, criando-lhe uma atitude científica e isto pode ser conseguido muitas vezes com a mais singela aparelhagem. Uma aula expositiva pode não ser uma aula proveitosa para o aluno mesmo quando ilustrada com diapositivos ou filmes e demonstrações experimentais.

Evidentemente, isto não significa que se jance contra o uso de recursos áudio-visuais: quanto maiores forem os recursos áudio-visuais e o equipamento de laboratório disponíveis, melhores oportunidades ter-se-á de criar condições para que ocorra a aprendizagem, mas para isto é necessário saber usar convenientemente os recursos didáticos disponíveis. Queremos apenas frisar que a não existência destes recursos em geral não serve como argumento básico para justificar o fracasso de um curso em que os alunos tenham baixo rendimento. Os recursos áudio-visuais oferecem maiores possibilidades de organizar as estratégias de ensino, permitindo inclusive que o professor seja substituído em certos casos como emissor de conhecimento e passe a atuar mais como organizador das condições de aprendizagem, como orientador de aluno, possibilitando assim uma maior interação com o aluno. Os recursos áudio-visuais podem também suprir a falta do professor no estudo extra-classe, mas a instrução programada pode também suprir esta falta, pelo menos em parte. Eviden-

temente o ideal seria dispor de um centro de recursos áudio-visuais que contasse até mesmo com máquinas de ensinar, onde os alunos pudessem se recuperar ou avançar no estudo de um determinado conteúdo, trabalhando com ritmo próprio. No entanto, se a Universidade não dispõe de um centro de recursos áudio-visuais, também é possível oferecer aos alunos oportunidade de recuperação ou avanço no estudo da matéria de ensino através de instrução programada, fichas, roteiros, etc.

II.7 - Dificuldade em encontrar livro texto adequado

Propositadamente deixamos o livro texto como um problema separado - embora sua discussão coubesse plenamente em alguns dos itens anteriores - a ser discutido no fim porque a nosso ver é um problema de âmbito nacional e reflete muito bem a crise em que se encontra o ensino da Física Geral no ciclo básico da Universidade. Muitos professores de Física Geral queixam-se da falta de um livro texto "adequado à realidade brasileira". A obra de Halliday & Resnick⁷⁾ é a mais difundida em nossos cursos de Física Geral de nível universitário, mas não são poucas as falhas que lhe são atribuídas. Outras obras existem, traduzidas ou de autores nacionais, à disposição dos professores, e novas estão sendo anunciadas, porém certamente nenhuma delas será perfeita e argumentar-se-á muitas vezes que não se adaptam ao ensino universitário brasileiro. Antes dos livros serem traduzidos alegava-se o problema da língua em que estavam escritos, após a tradução apontaram-se erros na mesma, não adaptação ao nível do estudante brasileiro e diversas outras críticas.

Realmente, é muito difícil e talvez impossível encontrar um livro texto ideal, mas no fundo o livro é usado talvez como pretexto para justificar insucessos do ensino tradicional.

nal aplicado ao ensino de massas. É o mesmo problema dos recursos áudio-visuais: a falta desses recursos é muitas vezes usada como argumento para justificar deficiências do ensino tradicional. Obviamente, quanto maior é o número de textos de autores nacionais ou estrangeiros disponíveis, melhor, pois maiores oportunidades terá o professor para criar condições de aprendizagem. Mas isto não significa que as obras existentes atualmente não propiciem condições de aprendizagem. A crise provavelmente não está no livro texto mas no próprio ensino tradicional, que não consegue adaptar-se à nova estrutura universitária. O método expositivo clássico que até agora vinha sendo usado, com relativo sucesso para pequenos grupos, parece mostrar-se fortemente ineficiente quando o número de alunos é muito elevado.

Resumindo, acreditamos que em todos os problemas apontados no início e abordados posteriormente está implícita a não adaptação do ensino tradicional expositivo ao ensino de massa. Cremos, neste ponto, termos chegado ao cerne da questão, pois em nossa opinião esta inadequação é uma decorrência da falta de organização do ensino tradicional e o problema fundamental é: "COMO ORGANIZAR O ENSINO DA FÍSICA GERAL NO CICLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE A FIM DE ADAPTÁ-LO AO ENSINO DE MASSAS ?"

As soluções dos problemas apontados anteriormente talvez decorram naturalmente da solução deste problema básico, mas cremos que qualquer tentativa de solução que não tome por base em que consiste a aprendizagem e qual o papel do professor no processo de aprendizagem, provavelmente será paliativa e redundará em fracasso.

A seguir, apresentaremos as diversas componentes constituintes de ensino organizado, com alguns exemplos aplicados à Física e com isto pretendemos mostrar o que se entende por

ensino organizado, tendo em vista que a generalidade da palavra organização pode nos levar a uma falsa interpretação de seu significado em termos de ensino. Relataremos posteriormente os resultados obtidos em experiências feitas, com base no ensino organizado e, como já foi dito, chegaremos à proposição de um modelo de organização de ensino de Física Geral, como tentativa de solução para o problema definido.

III - O ENSINO ORGANIZADO

Neste capítulo serão apresentadas as diversas etapas características de um ensino organizado, procurando-se sempre que possível ilustrá-las com exemplos aplicados à Física.

III.1 - O mapeamento da matéria de ensino, a seleção funcional do conteúdo e a organização seqüencial do conteúdo

O mapeamento da matéria de ensino consiste basicamente num levantamento acerca do que existe sobre o conteúdo geral a ser estudado (um amplo levantamento bibliográfico, por exemplo). A seleção de conteúdo, feita a partir do mapeamento, deve basear-se em dois critérios: um que leve em consideração a estrutura da matéria de ensino e os princípios inerentes à lógica da matéria de ensino e outro que considere as necessidades psicológicas dos alunos segundo a faixa de idade, nível mental, processo de pensamento, operações mentais e agrupamentos operatórios de pensamento. Uma vez feita a seleção do conteúdo, deve-se organizá-lo em seqüências básicas que assegurem uma progressão gradual do conteúdo. Esta organização do conteúdo deve ter continuidade, hierarquia e encadeamento. Existem técnicas apropriadas para organizar seqüencialmente o conteúdo, tais como o sistema RULES⁸⁾ e as matrizes de DAVIES⁸⁾, que são na verdade técnicas de grande utilidade na elaboração de programas para ensino programado. Pode-se, no entanto, apenas levando em conta fatores fundamentais como continuidade, hierarquia e encadeamento que conduzam a uma progressão gradual, organizar o conteúdo sem vinculação direta com uma determinada técnica. Na Fig. 1 apresentamos um exemplo de organização seqüencial do conteúdo Gravitação Universal.

GRAVITAÇÃO UNIVERSAL

(organização sequencial do conteúdo)

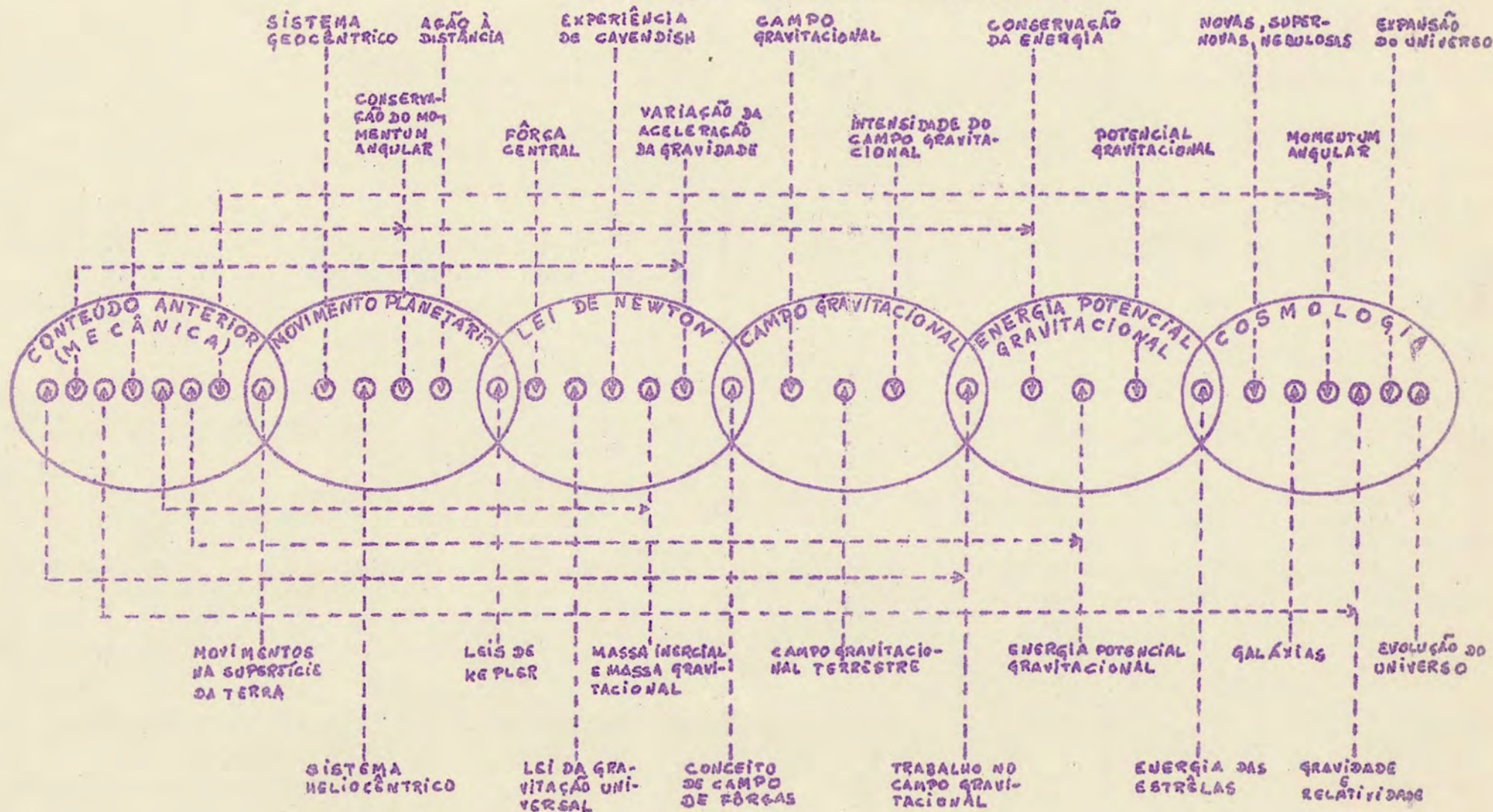


Fig. 1 - Esquema de organização sequencial do conteúdo.

III.2 - A definição operacional de objetivos e a seleção de estímulos e estratégias de ensino

De fundamental importância na organização do ensino é a definição operacional de objetivos, a qual está intimamente relacionada com a seleção funcional do conteúdo e sua organização sequencial. Sem dúvida alguma um dos grandes obstáculos para a avaliação da eficiência de um curso é a falta de uma definição operacional de objetivos. A avaliação de um curso cujos objetivos não foram definidos, ou foram mal definidos, é feita quase que em termos absolutos, não havendo praticamente condições de se verificar se realmente houve aprendizagem. Segundo Robert Mager⁹⁾:

"Um objetivo é uma intenção comunicada através de uma formulação que descreve uma proposta de mudança de comportamento do aluno. É uma formulação acerca do que deverá ser capaz o aluno após ter completado com sucesso uma etapa da aprendizagem.

Um objetivo significativo é aquele que é bem sucedido na comunicação das intenções de quem o escreve; o melhor objetivo é aquele que exclui o maior número possível de alternativas à intenção contida em sua formulação. Palavras que dão margem a mais de uma interpretação devam ser evitadas na formulação de objetivos, exemplo: saber, conhecer, entender, realmente entender, compreender, apreciar, dominar, etc. Deve-se usar palavras tais como: escrever, dizer, identificar, diferenciar, solucionar, construir, enumerar, comparar, selecionar, etc. Assim a formulação que melhor comunica a intenção de quem redige é a que descreve o comportamento final do aluno suficientemente bem para excluir interpretações errôneas. A formulação de um objetivo será útil à medida que especifique o que o aluno deverá ser

capaz de FAZER enquanto está demonstrando que atingiu o objetivo.

Outro fator importante na formulação de um objetivo é a especificação das condições sob as quais o comportamento final deverá ocorrer e a especificação do critério para que a performance do aluno seja aceitável como evidência de que houve mudança de comportamento desejada.

Resumindo, para definir objetivos que descrevam com eficiência comportamentos desejados, pode-se usar o seguinte roteiro:

a) identificar o comportamento final (especificar o comportamento que poderá ser aceite como evidência de que o aluno alcançou o objetivo);

b) definir o comportamento desejado (descrevendo as condições importantes sob as quais o comportamento deverá ocorrer);

c) especificar o critério da realização aceitável (descrevendo como o aluno deverá realizar a tarefa, para que seja satisfatória)."

Com a definição operacional de objetivos acima exposta, o professor terá condições reais de avaliar o nível de desempenho do aluno e este poderá avaliar seu próprio progresso. Quanto mais clara a formulação tanto mais facilmente poderão ser selecionados os itens que permitirão estabelecer o critério que permitirá saber se o objetivo foi alcançado ou não. Por exemplo, no estudo da Lei de Bragg para a difração de raios-X, poder-se-ia formular os seguintes objetivos:

a) "Enunciar verbal e analiticamente a Lei de Bragg, identificando cada um de seus termos, sem consultar textos ou anotações."

b) "Determinar a posição angular de feixes de raios-X difratados por um cristal de estrutura cristalina conhecida, usando a expressão analítica da Lei de Bragg, sem consultar textos ou anotações."

As se abordar o conteúdo de um determinado capítulo de um livro texto é de grande valia, tanto para o aluno como para o professor, uma definição operacional dos objetivos de aprendizagem do referido capítulo. No Anexo I apresentamos um exemplo dessa natureza. Obviamente a definição de objetivos, tal como está exemplificada no Anexo I, é bastante labríscosa e seria muito mais simples dizer que o objetivo do capítulo é o estudo de redes de difração e resolução de problemas sobre o assunto, porém um objetivo assim formulado não diz nada ao aluno, não o orienta, não lhe permite fazer uma auto-avaliação e tudo isto se agrava quando se trata de ensino de massas. Além disso, a falta de uma definição operacional de objetivos, principalmente no ensino de massas, dificulta o trabalho de avaliação do professor, ao passo que a definição operacional de objetivos diz ao aluno detalhadamente o que dele se espera e permite ao professor fazer uma verdadeira avaliação em função dos objetivos definidos.

Também são importantes as etapas correspondentes à escolha das estratégias de ensino e a seleção de estímulos. Nestas etapas cabe ao professor (ou à equipe) escolher os métodos, técnicas e recursos convenientes ao processo de aprendizagem, de maneira a abordar o conteúdo selecionado, criando condições para que o aluno atinja os objetivos definidos, bem como selecionar os estímulos destinados a motivar o aluno. Relativamente aos estímulos, a experiência direta com pessoas ou objetos é a que oferece maior estímulo ao aluno. Numa sala de Física

ca, uma experiência demonstrativa feita pelo professor será mais significativa do que um filme mostrando a mesma experiência, porém o estímulo será maior se o próprio aluno fizer a experiência e maior ainda se se tratar de uma situação autêntica, uma situação real da vida quotidiana, não provocada, não organizada.

Estas duas fases da organização do ensino são muito importantes e nelas o professor é peça fundamental, pois o conteúdo já está selecionado (muitas vezes esta tarefa é facilitada pela adoção de um livro texto conveniente) e os objetivos definidos, é chegado então o momento em que o professor deve criar condições para que ocorra a aprendizagem. A ocorrência de aprendizagem, segundo Robert Gagné¹⁰⁾ é evidenciada pela mudança de comportamento do aluno em função dos objetivos definidos.

Exceção feita ao mapeamento da matéria de ensino, todas as demais etapas do esquema apresentado estão interrelacionadas e a seqüência não é rígida. Principalmente a seleção funcional do conteúdo, sua organização seqüencial e a definição operacional de objetivos estão extremamente interligadas. A figura 2 esquematiza um tipo de organização de ensino; observe-se que nesta figura está indicado um mecanismo de realimentação entre as diversas etapas e que todo o esquema está baseado num quadro teórico de referências, o qual, por sua vez, é organizado com base num modelo de ensino, assunto do qual nos ocuparemos a seguir.

III.3 - Modelos de Ensino

Intimamente relacionados com a organização do ensino estão os Modelos de Ensino. A organização de um modelo de ensino na situação de aprendizagem serve, entre outras finalidades, para:

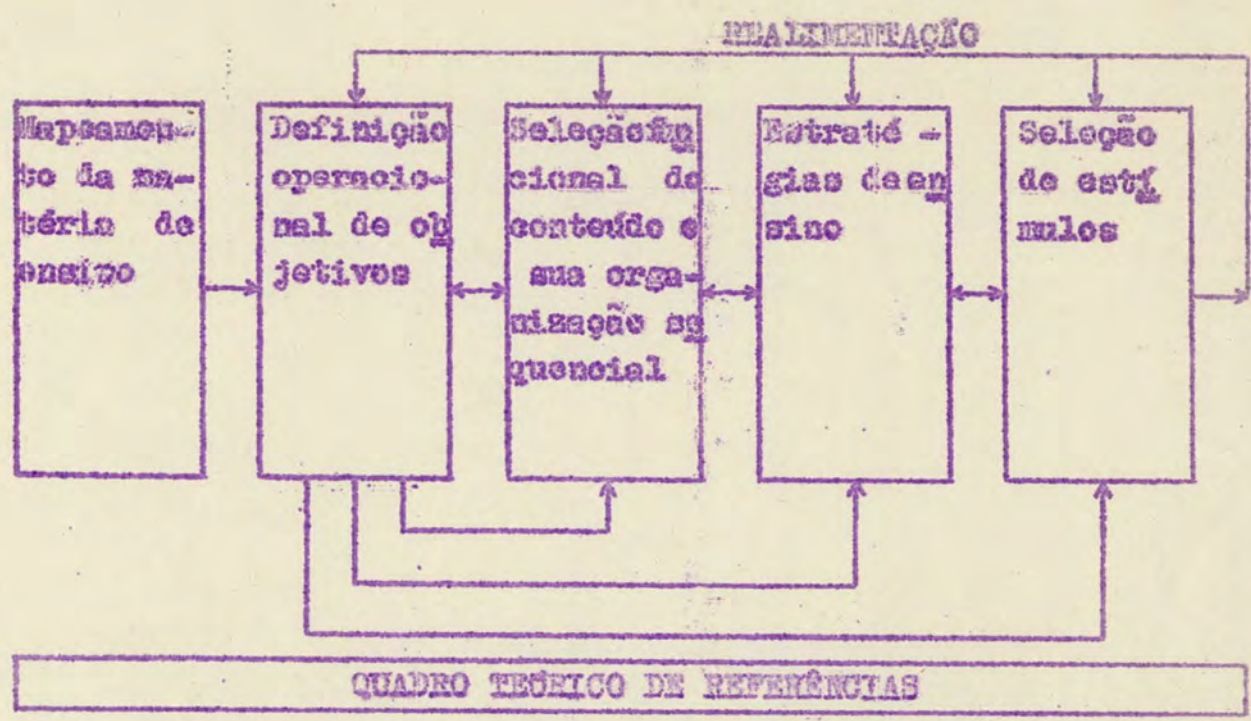


Fig. 2 - Esquema da organização de ensino.

a) auxiliar o professor a compreender o processo de aprendizagem em si;

b) organizar um quadro teórico de referências que auxilie o professor na definição operacional dos objetivos, sirva de base para a escolha das estratégias de ensino e oriente na elaboração de instrumentos de medida capazes de informar sobre a situação do aluno, nos diversos momentos da aprendizagem.

Apresentaremos a seguir, resumidamente, algumas características dos modelos de James Gallagher¹¹⁾, de Robert Gagné¹⁰⁾ e do modelo cibernético (no qual nos restringiremos à Pedagogia Cibernética¹²⁾), comentando e ilustrando a aplicabilidade destes modelos ao ensino de Física:

III.3.3 - O Modelo de Gallacher

É também conhecido como sistema de classificação de tópicos; a finalidade deste sistema é indicar o nível de con-

ceptualização, o estilo de pensamento e a ênfase dada em conteúdo ou habilidades na discussão em classe. O termo tópicos é usado para delinear uma unidade em que se centraliza o foco da discussão em classe num dado conceito ou princípio. Numa sessão de 1 hora normalmente espera-se abordar de 15 a 25 tópicos que, por sua vez, estão agrupados em temas. O tema é o elemento unificador de uma série de tópicos relacionados. Numa sessão de 1 hora, geralmente aborda-se de um a quatro temas. O Modelo de Gallagher está representado esquematicamente na figura 3 e é também chamado modelo tridimensional; as três dimensões são:

- Conteúdo-habilidade
- Nível de conceptualização
- Estilo de pensamento.

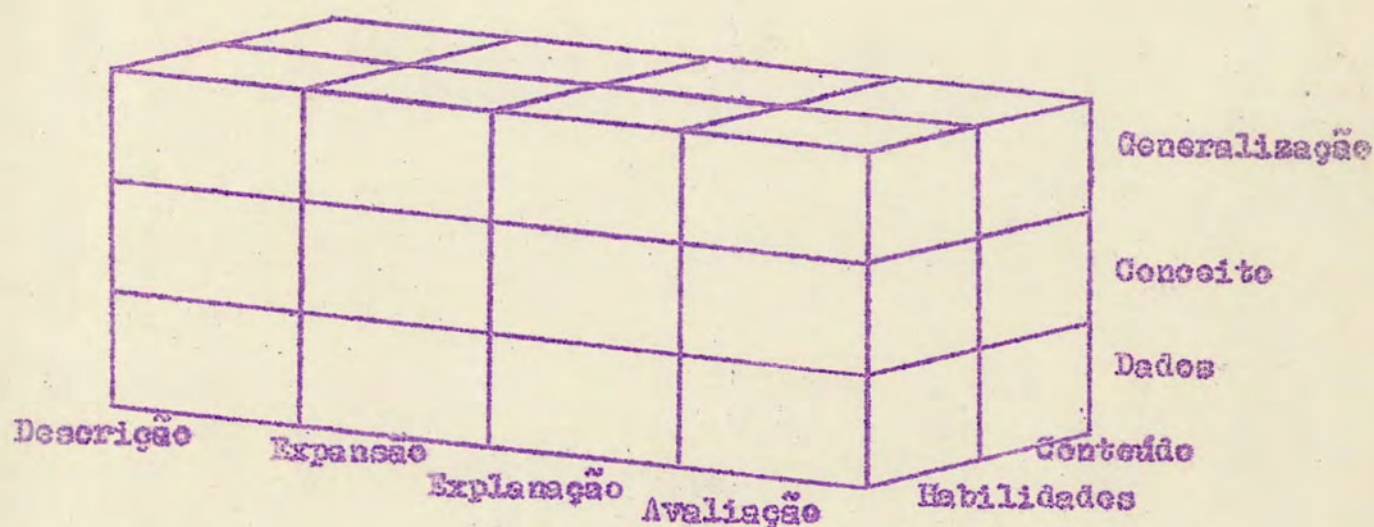


Fig. 3 - O modelo tridimensional de James Gallagher.

A primeira dimensão refere-se a diferentes objetivos de ensino e por isso mesmo é uma dimensão dicotômica. Con -

todo refere-se ao sucesso em fazer com que o estudante adquira determinado corpo de conhecimentos; habilidades refere-se ao sucesso em ensinar ao estudante um conjunto de conhecimentos ou habilidades que o capacitem a enfrentar com sucesso situações futuras.

A segunda dimensão refere-se ao grau de abstração em que a classe está trabalhando. Nesta dimensão três níveis são usados como sistema de referência:

a) Dados: representa a discussão de dados específicos; é o nível concreto dos acontecimentos.

b) Conceito: representa um certo grau de abstração em relação aos dados, conduzindo a idéias mais gerais e suas aplicações ou associações.

c) Generalização: representa as idéias e conceitos mais amplos e seu relacionamento em leis ou princípios.

A terceira dimensão refere-se ao estilo de pensamento presente no trabalho em classe; focaliza como a discussão é processada em classe. O foco de um tópico abordado pode estar na "Descrição" de um conceito ou evento; ou na Expansão que levará o grupo a novas linhas de pensamento e o encorajará a fazer novas associações; ou na Avaliação que levará o grupo a tomar decisões, a julgar e explicar as razões nas quais está baseado o julgamento.

Cada tópico abordado em aula é classificado em cada uma das três dimensões; assim, por exemplo, um tópico cujo foco fosse a definição de substâncias ferromagnéticas, seria CONTEUDO-CONCEITO-DESCRIÇÃO. A classificação de um tópico cujo foco fosse analisar dados obtidos numa aula de laboratório seria HABILIDADES-DADOS-EXPLANAÇÃO.

Como exemplo de aplicação do Modelo de Gallagher

o ensino de Física apresentamos, na página seguinte, um desquadro teórico de referência organizado com base no modelo e que serviram como referência para a elaboração de apostilas de laboratório programadas, das quais apresentamos também um exemplo no Anexo II.

III.3.2 - A Pedagogia Cibernética e o Modelo de Robert Gagné

A pedagogia, considerada sob o ponto de vista cibernético é, segundo Louis Couffignal¹²⁾, todo o mecanismo mediante o qual um ser humano recebe informações com o propósito de fixá-las em sua memória. O mecanismo pedagógico mais antigo é a cadeia direta: o professor fala e o aluno escuta.

A cadeia direta é usada na "aula magistral", as informações transmitidas pelo professor são destinadas a serem fixadas na memória do aluno, porém raramente esta finalidade é atingida de uma só vez; o aluno geralmente necessita receber as informações mais de uma vez, seja através do próprio professor, através de outros professores (assistentes, monitores, etc) ou através de livros. A eficiência do ensino é controlada através de procedimentos que, em essência, consistem em propor questões ao aluno e avaliar as respostas.

Suponhamos que a cadeia direta possa ser interrompida através de perguntas feitas aos alunos, seguidas de resposta imediata, que poderão modificar o curso da aula, para torná-la adequada às respostas dos alunos. Neste caso, existe um processo de realimentação e o mecanismo pedagógico passa a denominar-se cadeia reflexa. A pergunta, inclusive, pode anteceder a exposição e tem a finalidade de informar e professores acerca do conhecimento que o aluno tem sobre o assunto a ser estudado.

Na cadeia reflexa, portanto, as informações a se-

Classificação de tópicos em experiências de Física - Estudo de um campo elétrico com auxílio de uma cuba eletrolítica - Quadro Teórico de Referência

	Descrição	Expansão	Explicação	Avaliação
Generalização	A descrição de um campo através da função potencial.	Conhecendo o potencial em cada ponto de um campo elétrico, é possível traçar linhas de força neste campo?	Explique porque as linhas de força de um campo elétrico são perpendiculares às superfícies equipotenciais deste campo.	Com a aparelhagem disponível será possível estudar experimentalmente campo elétricos em torno de condutores eletrizados? Em caso positivo, indique como procederá.
Conceito	O conceito de campo elétrico.	Existe semelhança entre o campo elétrico e o campo gravitacional?	Explique como se poderia descrever matematicamente um campo elétrico através de uma função escalar.	Esta função escalar seria suficiente para descrever completamente o campo?
Dados específicos	Descreva o que você observa ao colocar a ponteira do voltímetro no interior da cuba.	Coloque a ponteira em diversos pontos de ligação. O que se observa?	Explique porque algumas vezes o voltímetro acusa a mesma leitura para pontos diferentes. Existe alguma simetria?	Unindo num gráfico os pontos em que a leitura é a mesma, obter-se-ia uma linha equipotencial?

VARIAÇÃO NO ESTILO DE PENSAMENTO

Conteúdo e habilidades

CONTEÚDO: estudo do campo eletrostático em torno de um condutor eletrizado.
 HABILIDADES: manuseio do multíteste como instrumento de medida e uso da fonte de tensão.

rem transmitidas se encontram previamente preparadas, incluindo as perguntas a serem formuladas, e as respostas dadas pelos alunos modificam as informações preparadas. Trata-se, então, de guiar a ação durante a sua execução, de tal modo que o professor é o agente de execução e ao mesmo tempo o ciberneticista que guia o agente. Neste mecanismo, no entanto, o professor somente pode obter resposta de alguns alunos, logo, a adequação de sua exposição às respostas dadas somente será eficaz se as respostas obtidas representarem uma amostra significativa de conhecimento de todos os alunos. A pedagogia cibernética encara, portanto, o professor como um emissor de conhecimento e o aluno como um receptor com o qual o emissor deve ser pôr em ressonância. A pedagogia cibernética, no entanto, vai muito além nesse assunto e propõe a mecanização da pedagogia: o professor pode ser substituído como emissor de informação pelo livro ou por aparelhos mecânicos ou eletro-mecânicos, aos quais, com exceção do livro, deu-se o nome genérico de "meios áudio-visuais" (gravadores, filmes, slides, rádio, televisão, máquinas de ensinar, etc). O professor pode também ser substituído no processo de realimentação por aquilo que se convencionou chamar genericamente de "ensino programado".

É chegado então o momento de se perguntar qual seria o papel do professor no processo de aprendizagem, uma vez que como emissor de informações ele pode ser substituído por meios mecânicos e no processo de realimentação pelo ensino programado. A resposta a esta questão é dada por Robert Gagné¹⁰⁾: o professor é o organizador das condições externas à aprendizagem. Segundo Gagné, o critério geral para determinar a ocorrência de aprendizagem é que se possa mostrar que ocorreu uma mudança no comportamento do indivíduo. O indivíduo deve saber fa-

ser ou dizer aquilo que foi previsto na definição operacional dos objetivos da aprendizagem. A ocorrência da aprendizagem é inferida pelo comportamento que o indivíduo apresenta antes e depois da situação de aprendizagem. A incapacidade de exibir um certo comportamento antes da aprendizagem deve ser levada em conta tanto como a capacidade de exibi-lo após a aprendizagem. A existência de capacidades iniciais é de fundamental importância. O conjunto de capacidades iniciais possuídas pelo aprendiz constitui as "condições internas" à aprendizagem.

Existe, no entanto, um segundo conjunto de condições de aprendizagem que são externas ao aprendiz e independentes dele. De acordo com Gagné, existem diversos tipos de aprendizagem, os quais estão dispostos hierarquicamente e cada tipo requer como pré-requisito o tipo anterior.

Suponhamos então que um conjunto de indivíduos possua as capacidades e pré-requisitos para aprender determinado conteúdo ou determinada habilidade. Independentemente do tipo de emissor, o receptor é um aluno e as funções que intervêm na recepção de informações e sua memorização, constituindo o que se chama de cadeia interna, é um sistema biológico e, portanto, pode diferir de indivíduo para indivíduo. Conseqüentemente, a ocorrência da aprendizagem dependerá das condições em que o indivíduo receber a informação. Por exemplo, no caso de ensino coletivo, um aluno para o qual o ritmo de apresentação das informações for inferior ao tempo de resposta (que depende da cadeia interna), não poderá dar boas respostas às perguntas formuladas e provavelmente será qualificado de pouco inteligente ou preguiçoso. Na transmissão pedagógica de informações deve haver concordância entre o emissor e o receptor e o emissor é que deve se pôr em ressonância com o receptor. Cabe, portanto, ao professor

organizar as condições externas da aprendizagem. Além disso, não há razão nenhuma para que em diferentes tipos de aprendizagens as condições externas devam ser organizadas da mesma maneira.

A categorização hierárquica dos diferentes tipos de aprendizagem proposta por Gagné inicia com a "aprendizagem de Sinal" que é o tipo mais elementar de aprendizagem e consiste na resposta em geral difusa e emocional a um determinado estímulo e estendendo-se até à aprendizagem de "conceitos", "princípios" e "solução de problemas". A aprendizagem de conceito consiste na capacidade de dar uma resposta comum a uma classe de estímulos, consiste em responder a estímulos em termos de propriedades abstratas, tais como cor, forma, posição, etc. Em Física, por exemplo, o aluno, após ter adquirido o conceito de "força", é capaz de identificar uma classe de interações fisicamente diferentes tanto qualitativa como quantitativamente.

A aprendizagem de princípios consiste no encadernamento de vários conceitos, porém o aluno deve previamente ter aprendido todos os conceitos contidos numa sentença que enuncia um princípio ou uma lei física, por exemplo. Analisemos o princípio de conservação de momentum: "o momentum total de um sistema isolado de partículas é constante". Aprender o princípio é adquirir a "idéia" de conservação contida na proposição, porém para isto é necessário que o aluno tenha adquirido antes os conceitos de momentum total, sistema isolado e constante que, por sua vez, dependem do aluno ter aprendido a fazer múltiplas discriminações, associações verbais, etc.

Finalmente, no topo da escala de pré-requisitos dos diferentes tipos de aprendizagem do Modelo de Gagné, está a solução de problemas. Uma vez aprendidos alguns princípios o aluno pode aplicá-los em diversas situações e, o que é mais im-

portante, éle pode pensar. Basicamente, isto significa que éle é capaz de combinar princípios já aprendidos originando outros princípios e resolvendo problemas.

Obviamente, por princípio não se entende apenas princípios clássicos como os da Física, por exemplo; princípio é a "idéia" contida numa seqüência de conceitos encadeados. Resolver problemas em Física não é, portanto, simplesmente combinar os princípios tais como conservação da energia, conservação do momentum e conservação da carga elétrica. Muitas outras "idéias" que, em última análise, podem ser decorrência direta ou indireta destes princípios fundamentais, são também chamadas de princípios no modelo de Gagné. Assim, por exemplo, quando um estudante enfrenta o problema de calcular a que temperatura uma certa massa gasosa ideal atingirá um determinado volume, dadas as condições iniciais de temperatura, volume e pressão e as condições finais de volume e pressão, para resolvê-lo éle deverá levar em conta princípios tais como gases aquecidos se expandem, mantida a temperatura constante as pressões são inversamente proporcionais aos volumes ocupados, mantido o volume constante as pressões são diretamente proporcionais às temperaturas, mantida a pressão constante temperatura e volume são diretamente proporcionais; tudo isso sintetizado na expressão $\frac{P_0 V_0}{T_0} = \frac{P V}{T}$ que, por sua vez, na explicitação da incógnita T envolve a aplicação de outros princípios, desta vez de natureza matemática.

Apresentamos assim, resumidamente, três modelos de ensino; obviamente existem outros e isto evidencia uma tendência à organização de ensino com base nestes modelos. Os modelos de ensino servem como sistema de referência para a organização de ensino. Vejamos um exemplo simples: um professor de Física que organizar o ensino de sua disciplina guiando-se pelo Modelo

de Gagné certamente terá sempre em mente o fato de que a resolução de problemas situa-se no topo da escala de Gagné, relativa aos tipos de aprendizagem e não proporrá problemas a seus alunos antes de estar seguro de que os mesmos dominam os conceitos e princípios necessários à resolução de problemas. Por outro lado, estará ciente que a ocorrência de aprendizagem é evidenciada pela mudança de comportamento do aluno e que para isso os objetivos da aprendizagem devem estar definidos da maneira mais clara possível. Estes objetivos, por sua vez, deverão estar baseados num quadro teórico de referências elaborado com base no modelo.

Um ensino organizado segundo o modelo de Gallagher levará em conta, na abordagem de tópicos as três dimensões do modelo: conteúdo-habilidades, nível de conceptualização e estilo de pensamento. Não será, portanto, um ensino ocasional, não fundamentado.

Evidentemente o ensino poderá ser organizado baseando-se em mais de um modelo: no ensino de massas, por exemplo, pode-se recorrer à substituição do professor, no processo de realimentação, pelo ensino programado, face à dificuldade de interação entre o professor e o aluno individualmente. Pode-se também substituir o professor como emissor de conhecimento usando recursos audio-visuais, mas a adoção desta mecanização da pedagogia prevista no Modelo Cibernético não impede que o ensino esteja organizado coerentemente com o Modelo de Gagné, no qual o aluno é o "input" essencial do sistema e o professor desempenha o papel fundamental de organizador das condições externas da aprendizagem, além das demais características do modelo já mencionadas.

A seguir relataremos uma experiência feita com base no modelo de Robert Gagné e na Pedagogia Cibernética.

IV - DESCRIÇÃO E ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA REALIZADA NO CAMPO DO ENSINO DA FÍSICA GERAL NO CICLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE

A experiência que relataremos e cujos resultados serão analisados foi realizada no 1.º semestre de 1970 e no 1.º semestre de 1971, tendo originado um trabalho que foi aceite para publicação no 2.º número de Revista Brasileira de Física sob o título de "O Professor como Organizador das Condições Externas da Aprendizagem"¹³⁾.

A experiência foi feita no Instituto de Física da UFRGS, com alunos de ciências e engenharia. O grupo experimental foi submetido a um método no qual o professor assume o papel de organizador do ensino e é dada ênfase na participação ativa do aluno no processo de aprendizagem, enquanto que o grupo de controle foi submetido ao ensino tradicional expositivo. A análise estatística dos resultados experimentais favoreceu o grupo experimental - conforme veremos posteriormente - e sugere que o método usado é mais eficiente do que o expositivo.

Inicialmente apresentaremos os objetivos e o quadro teórico de referências; a seguir descreveremos o método de ensino; posteriormente relataremos o desenvolvimento da experiência e apresentaremos os dados obtidos, juntamente com sua análise estatística para, finalmente, chegarmos às conclusões em relação aos objetivos da experiência.

IV.1 - Objetivos

Os objetivos mais imediatos da experiência foram:

1) Investigar a possibilidade de que os alunos deixem de encarar a aula expositiva, na qual sua atitude é geralmente passiva, como uma necessidade, e passem a participar ati-

vemente do processo de aprendizagem.

2) Investigar a possibilidade do professor sair da posição de emissor de conhecimento e passar para a posição de organizador do ensino, sem com isso deixar de ser uma peça fundamental no processo de aprendizagem.

3) Testar a eficiência de um processo de aprendizagem em que o professor aparece apenas como organizador das condições externas da aprendizagem relativamente ao processo tradicional, no qual o professor é um emissor de conhecimentos e constitui-se na figura central dentro da sala de aula.

IV.2 - Quadro teórico de referências

Tomando como fundamentação teórica o Modelo de Robert Gagné e a Pedagogia Cibernetica, foi elaborado o seguinte quadro, que serviu como sistema de referência para a realização da experiência:

- 1) O aluno é um receptor de informações.
- 2) Deve haver concordância entre a quantidade de informações apresentadas e a capacidade de recepção do aluno.
- 3) O emissor é que deve entrar em sintonia com o receptor.
- 4) Existem condições internas e externas da aprendizagem.
- 5) As condições internas são determinadas pelo conjunto de capacidades e habilidades que o indivíduo possui.
- 6) Cabe ao professor organizar as condições externas de aprendizagem.
- 7) Somente ocorre aprendizagem quando há mudança de comportamento.

IV.3 - O Método

Antes de passarmos à descrição de método empregado, façamos uma apresentação das características da população alvo: a disciplina - Física Geral de 2º ano - contava em 1970 com cerca de 500 alunos divididos em 9 turmas; 90% destes alunos eram originários dos diversos cursos de Engenharia e 10% dos cursos de Física, Matemática e Química; os pré-requisitos postulados pelos alunos em termos de conteúdo eram: Cálculo Integral e Diferencial, Cálculo Vetorial e Geometria Analítica, Física Geral de 1º ano (Mecânica, Calor e Acústica). Das 9 turmas, 3 foram escolhidas ao acaso como grupo experimental e, ante a impossibilidade de na ocasião oportuna fazer-se uma homogeneização entre grupo experimental e grupo de controle através de pré-teste, performance anterior, teste psicológico, etc, as demais turmas foram escolhidas como grupo de controle simplesmente por que os professores destas turmas não usariam o método a ser testado e, via de regra, usariam o método expositivo tradicional.

O método de ensino adotado na realização da experiência é, em última análise, um método de estudo dirigido em grupo. Este método permite que um professor e um monitor atendam 60 alunos simultaneamente. A presença do monitor não é, no entanto, imprescindível. Os alunos são divididos em grupos de 4 segundo sua livre escolha, porém de modo permanente. A sala de aula é adequada para o trabalho em pequenos grupos: as mesas têm capacidade para 4 alunos e estão preparadas para serem ligadas à rede de tensão. As mesas não são fixas, pois a sala assim preparada é versátil e adapta-se a qualquer tipo de aula: trabalho em grupo, laboratório, projeção, exposição, etc. O período de aula, com a duração de 2 horas, é usado integralmente pelos grupos para leitura e resolução de problemas e questões do livro

texto (Halliday & Resnick, Física - Parte II, Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, RJ, 1966). Neste trabalho os grupos são dirigidos por um roteiro, preparado previamente e distribuído no início de cada período, cujo objetivo principal é organizar o trabalho de grupo durante o período de aula. No Anexo III apresentamos um roteiro típico para trabalho em grupo usado neste método. O roteiro informa as seções a serem lidas, eventualmente com comentários e observações complementares, indica ou propõe problemas e questões a serem resolvidos numa seqüência didaticamente conveniente e define os objetivos de aprendizagem do conteúdo correspondente, de modo operacional. O roteiro contém ainda uma organização, menos detalhada, de trabalho extra-classe a ser desenvolvido individualmente pelos alunos, através da indicação de leituras suplementares e de problemas e questões adicionais. O trabalho do professor dentro da sala de aula resume-se em circular entre os grupos, observando e assistindo os alunos no processo de sua aprendizagem. É muito útil a presença de monitor como auxiliar nesta tarefa.

É importante que o professor em classe não fique na posição de mero "fornecedor" de informações: ao invés de responder diretamente às perguntas a ele dirigidas, deve fazer comentários ou perguntas mais simples que levem o grupo a chegar por si mesmo às respostas corretas. É fundamental também a criação, dentro da sala de aula, de uma atmosfera descontraída de franqueza e liberdade, bem como de conforto material, a fim de tornar agradáveis e atraentes estas sessões de trabalho.

A avaliação do trabalho de aula foi feita segundo duas alternativas: apresentação de relatório (trabalho total desenvolvido pelo grupo durante o período) ou testes periódicos, tendo-se revelado como mais eficazes a primeira, devido ao estímulo

lo que apresenta para o aluno a imediata correção do relatório.

A principal tarefa do professor, e a que mais lhe exige tempo e cuidado é, no entanto, a preparação de roteiros, pois eles se constituem num planejamento detalhado de cada período de aula. Em primeiro lugar procede-se a uma seleção rigorosa do conteúdo (seções a serem lidas, problemas e questões) apresentado pelo texto e que deve ser trabalhado em classe, levando em conta a relevância do material, as exigências do cronograma da disciplina e a extensão do período de aula. A seguir, organizam-se as leituras e os exercícios, de maneira seqüencial e didática, partindo-se de uma análise crítica do texto, prevenindo as dificuldades dos alunos e providenciando na sua superação de modo a permitir aos estudantes um progresso contínuo e sem maiores obstáculos através do conteúdo. De um modo geral o ritmo de trabalho deste método permite que os alunos estudem o conteúdo de cada capítulo do livro texto em dois ou três períodos de 2 horas de aula. É também confeccionada uma folha de soluções, da qual apresentamos um exemplo no Anexo IV, contendo a solução correta de todas as tarefas da aula, para ser distribuída aos alunos juntamente com os relatórios corrigidos na aula seguinte, permitindo-lhes uma auto-avaliação imediata. Nas aulas de laboratório os mesmos critérios são aplicados.

Como se nota, o trabalho do professor é essencialmente o de preparar instrumentos e criar condições para que o processo de aprendizagem dos alunos ocorra de maneira eficaz.

O sistema oficial de avaliação exige duas provas individuais em cada área de estudo. Estas sabatinas são comuns a todas as turmas, porém existe ainda um terceiro grau que fica a critério do professor de cada turma. A figura 4 esquematiza, em seu conjunto, o método empregado para o grupo experimental;

e terceiro grau deste grupo é o resultado da média de todos os trabalhos feitos em classe.

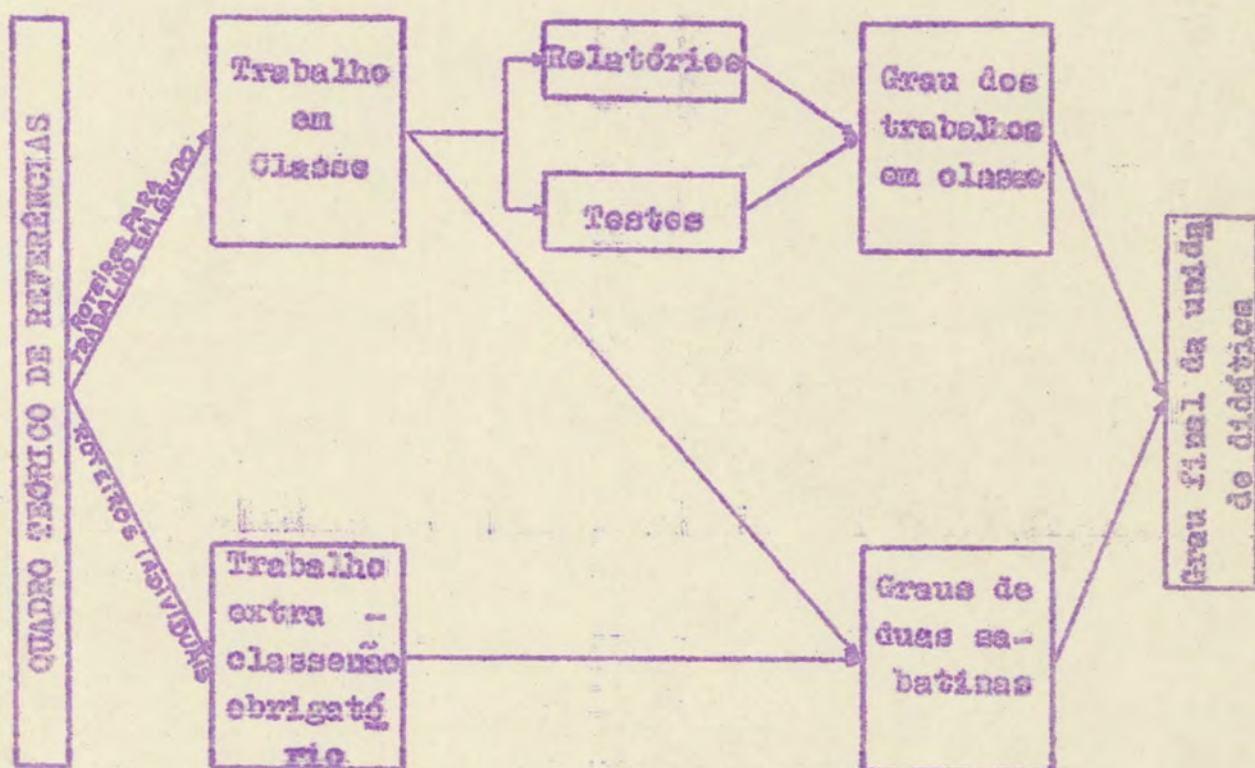


Fig. 4 - Esquema do método empregado para o grupo experimental.

Podemos afirmar que o trabalho do professor neste esquema é muito maior do que o de preparar aulas expositivas e fazer a avaliação através de uma ou duas provas. O aluno, por sua vez, participa ativamente do processo de aprendizagem, não sendo um mero ouvinte das palavras do professor e utiliza o próprio período de aula para ler, resolver problemas, responder questões, ou seja, para aprender e não para tomar notas que serão estudadas posteriormente.

IV.4 - Experiência e dados

A experiência foi desenvolvida na 1ª área de estudos da disciplina, abrangendo os seguintes assuntos: carga elé-

trica, campo elétrico, potencial elétrico, capacitores e dielétricos, corrente e resistência elétricas, circuitos de corrente contínua.

Nos primeiros dias o grupo experimental estranhou muito o método empregado, já que estavam condicionados, provavelmente desde a primeira escolarização, a ver o professor na frente da classe, falando ou escrevendo no quadro negro. Surgiram até mesmo reclamações de que o professor não estaria cumprindo com sua função, porém ante a irreducibilidade do mesmo, que durante as aulas apenas circulava entre os grupos, conversando, orientando e respondendo perguntas com perguntas, ou não as respondendo e desafiando os alunos a acharem a resposta, estes começaram a habituar-se ao método de trabalho. Aos poucos foi se originando um relacionamento muito bom entre os componentes de cada grupo, entre os grupos e entre o professor e os alunos, criando-se também um salutar espírito competitivo entre os grupos.

Por ocasião da 1ª sabatina conjunta, o grupo experimental obteve melhor resultado do que o grupo de controle. Esta diferença proporcionou confiança aos alunos em relação ao método e, a partir daí, melhorou ainda mais o rendimento e o interesse no trabalho em grupo. Na 2ª sabatina, novamente o grupo experimental obteve melhor média do que o de controle e, no final da área de estudos, obteve um índice de aprovação muito superior à média. Na ficha de avaliação da experiência, feita ao final da área de estudos, 90% dos alunos manifestaram-se a favor de que o método fosse novamente empregado no 2º semestre.

O levantamento de dados feito consta, inicialmente, dos dois primeiros graus obtidos pelos alunos de ambos os grupos na 1ª área de estudos de 1970. Observe-se que estes dois

graus são frutos de sabbatinas comuns a ambos os grupos, feitas simultaneamente. Não são apresentados os dados e a análise estatística de 3º grau mencionado anteriormente por se tratar de um grau atribuído segundo diferentes critérios e, portanto, irrelevante para a experiência. Os histogramas e as curvas teóricas¹⁴⁾ correspondentes aos dois primeiros graus acima referidos são apresentados nas figuras 5 e 6 (observe-se que são amostras de tamanhos diferentes).

A partir da 2ª unidade didática, embora continuássemos usando o mesmo método com resultados igualmente satisfatórios, a experiência não mais foi controlada, mesmo porque professores das turmas de controle começaram a usar método semelhante.

A experiência, no entanto, foi repetida um ano depois, ou seja, em março de 1971, obviamente com outros alunos constituindo os grupos experimental e de controle. Na figura 7 é apresentado o histograma e a curva normal teórica¹⁴⁾, obtidos para o 1º grau da 1ª unidade didática de 1971. A partir do 2º grau não mais foi possível controlar a experiência pois a maioria dos outros professores passou a usar exatamente o mesmo sistema, em parte forçados pelos próprios alunos que começaram a procurar os roteiros de estudo e a infiltrar-se nas turmas experimentais.

Atualmente, o sistema está sendo usado praticamente em todas as 12 turmas da disciplina e os resultados gerais obtidos este ano, comparativamente com os resultados de anos anteriores, serão objeto de análise posterior.

IV.5 - Análise dos dados e conclusões

A tabela 1 nos dá uma visão de conjunto e nos mostra

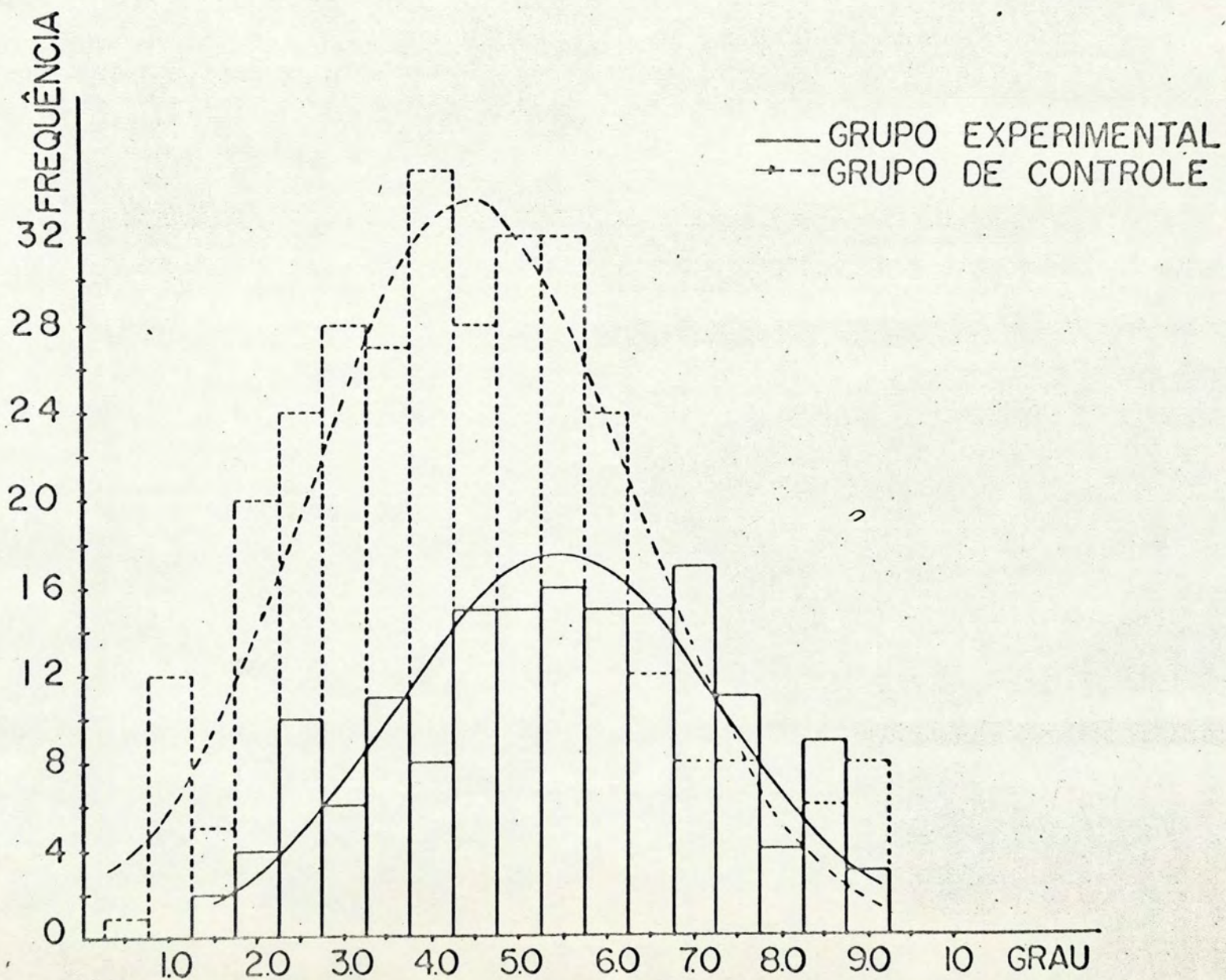


Fig. 5 - Histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 1º grau

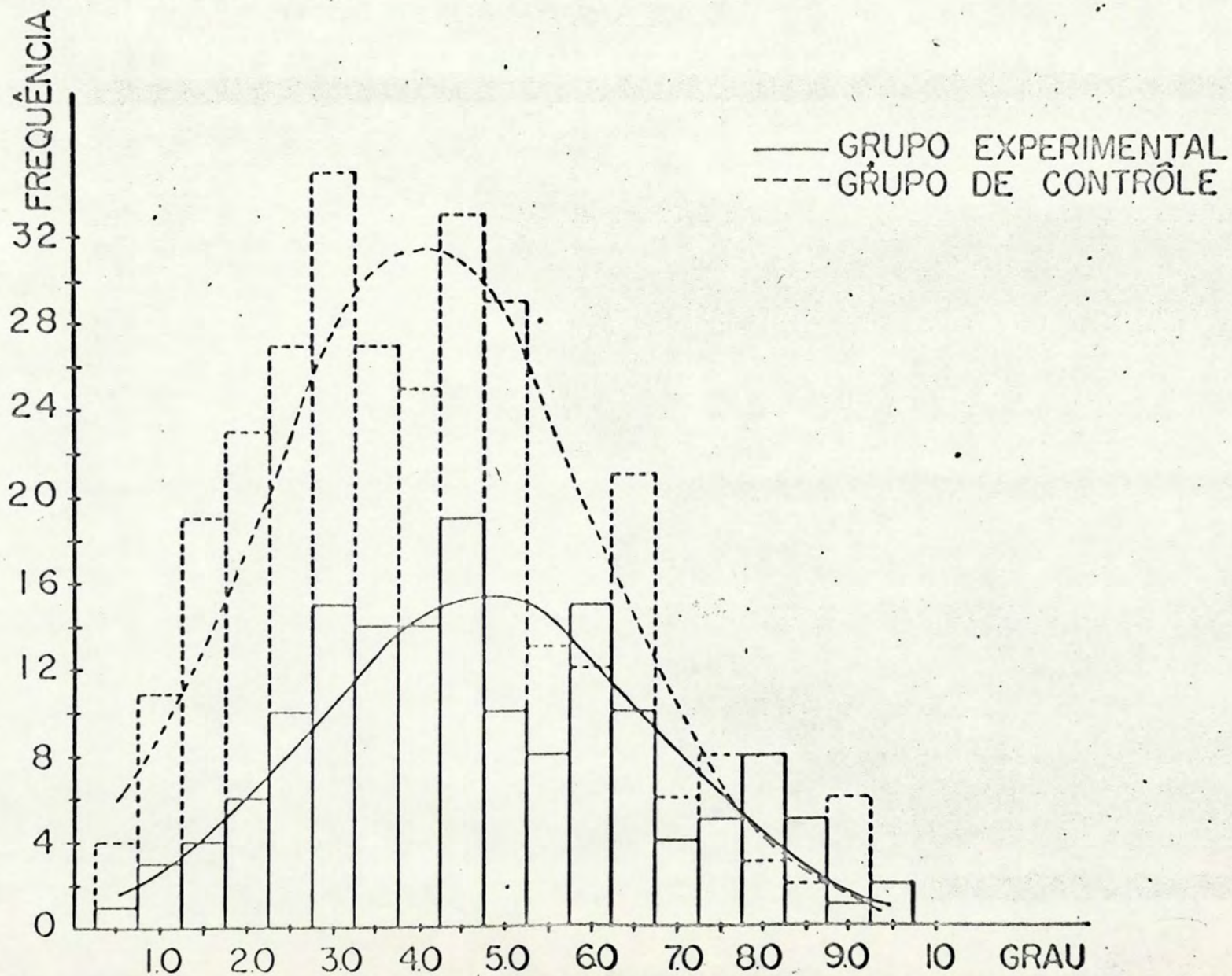


Fig. 6 - Histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 2º grau da 1ª Unidade Didática de 1970.

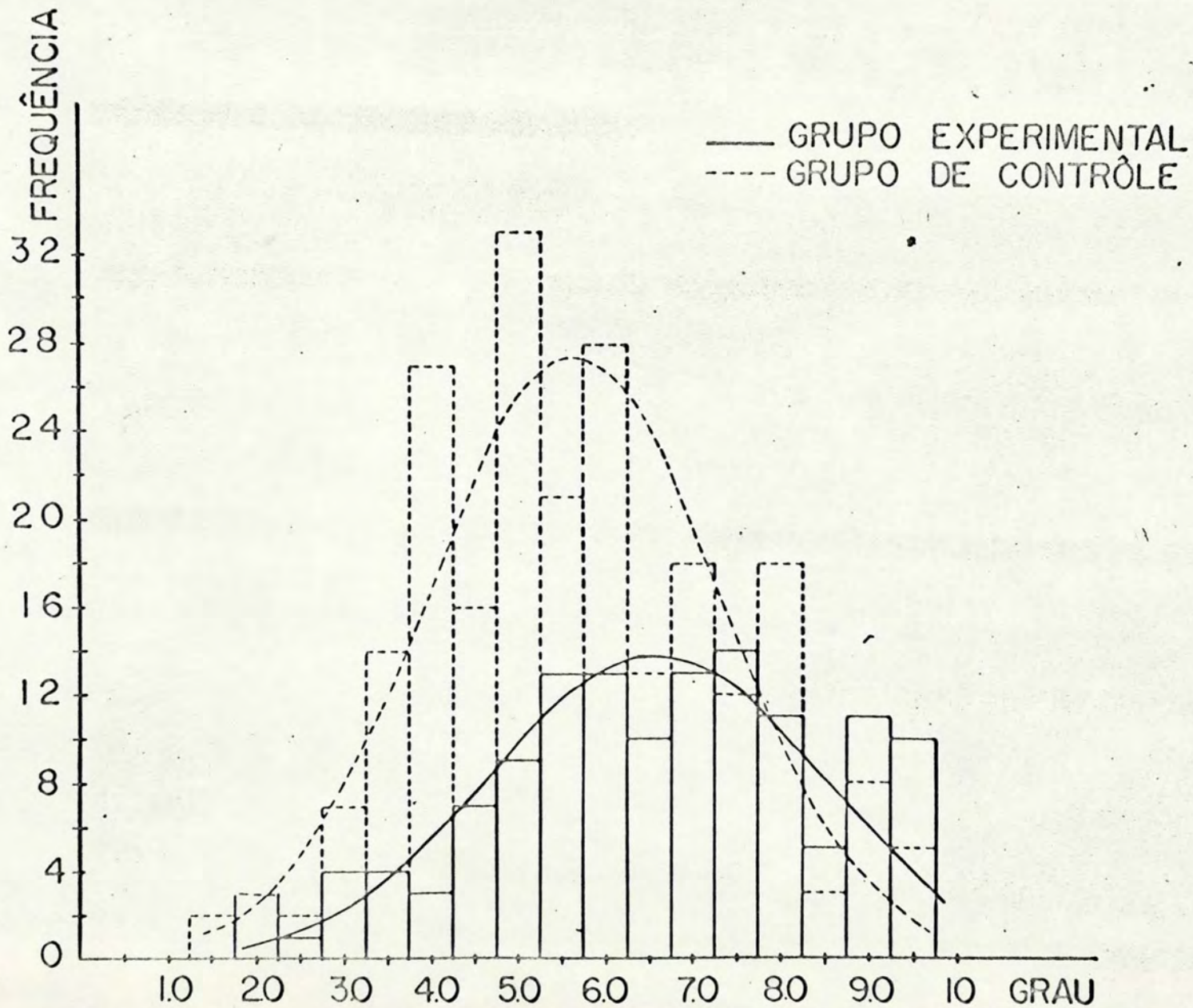


Fig. 7 - histogramas e curvas normais teóricas relativos ao 1º grau da 1ª Unidade Didática de 1971.

tra de imediato que nos três graus a média do grupo de expansão foi mais alta do que a do grupo de controle. Nada, no entanto, se pode inferir destes dados em relação à eficiência do método sem que se faça uma análise do nível de significância dos resultados. Poderia ocorrer que as diferenças de média não fossem significativas, decorrendo de flutuações de amostragem que nada tivessem a ver com os métodos aplicados em ambos os grupos. Na análise estatística dos resultados usamos o teste de significância baseado no "Student's t distribution"¹⁵⁾, segundo o qual, calculando o valor de t e comparando-o com o valor tabelado, podemos decidir entre as hipóteses estatísticas abaixo chamadas, respectivamente, H_0 e H_1 :

H_0 : a diferença de médias não é significativa e essencialmente não existe diferença entre os grupos.

H_1 : a diferença de médias é verdadeira e existe diferença significativa entre os grupos.

O valor de t é calculado de acordo com as expressões abaixo¹⁵⁾, cuja notação é definida na tabela 1.

$$t = \frac{\bar{X} - \bar{Y}}{\sigma \sqrt{1/N_1 + 1/N_2}} \quad \sigma = \frac{(\sum_{i=1}^N s_1^2 + \sum_{i=1}^N s_2^2)^{1/2}}{(N_1 + N_2 - 2)^{1/2}}$$

Usando estas expressões e os dados da tabela, obtivemos para os três graus analisados, respectivamente, $t=5,47$, $t=3,78$ e $t=5,41$.

O fato de que todos estes valores de t estão fora do intervalo tabelado $-2,58$ a $+2,58$ indica que a hipótese de que não exista diferença significativa entre as médias dos grupos no nível de significância de 0,01 deve ser rejeitada¹⁵⁾. Isto significa que a probabilidade que exista uma diferença significativa entre as médias é 99%.

TABELA 1

	1º GRAU (1970)			2º GRAU (1970)			1º GRAU (1971)		
	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos	Média Aritmética	Desvio Padrão	Número de Alunos
Grupo Expe- rimental	$\bar{X}=5,46$	$S_1=1,83$	$N_1=161$	$\bar{X}=4,75$	$S_1=1,98$	$N_1=154$	$\bar{X}=6,55$	$S_1=1,88$	$N_1=131$
Grupo de Con- trole	$\bar{Y}=4,44$	$S_2=1,86$	$N_2=314$	$\bar{Y}=4,07$	$S_2=1,94$	$N_2=308$	$\bar{Y}=5,63$	$S_2=1,66$	$N_2=230$

O desenvolvimento da experiência e a ocorrência de diferenças estatisticamente significativas nas médias nos permitem formular as seguintes conclusões:

1) Em relação ao primeiro objetivo da experiência, face ao rendimento obtido pelos alunos e ao fato de que na ficha de avaliação 90% mostraram-se satisfeitos com o método e contra o retorno à aula expositiva, ficou evidenciado que é possível organizar o ensino tomando como premissa a participação ativa do aluno no processo de aprendizagem e encarar a aula expositiva apenas como um dos possíveis recursos a serem usados neste processo.

2) Quanto ao segundo objetivo, estamos plenamente convictos, face aos resultados obtidos e ao desenvolvimento da experiência, que o professor pode ser o organizador de ensino e não um simples emissor de conhecimentos, sem que com isso deixe de ser uma peça fundamental no processo de aprendizagem.

3) Finalmente, no que concerne ao terceiro objetivo, tendo em vista o resultado da análise estatística feita, podemos dizer que nas condições em que foi realizada a experiência, o método experimental foi mais eficiente, porém não se pode daí partir para uma generalização. Podemos, talvez, aceitar cautelosamente os resultados obtidos como uma primeira evidência a favor do método empregado de um modo geral.

Acreditamos que um aspecto muito importante da experiência, o qual deve, portanto, ser enfatizado, reside no fato de que os resultados obtidos com novas amostras, um ano após a obtenção dos primeiros dados, acusaram também uma diferença estatisticamente significativa ao nível 0.01. Este fato é, sob certa forma, uma confirmação da validade do método, porém, mesmo assim, cremos que novas e sucessivas experiências, minuciosamente

controladas, serão necessárias para testar com segurança a eficiência do método usado nesta experiência.

Conforme foi mencionado anteriormente, em 1971, praticamente todas as 12 turmas da disciplina de Física Geral do 2º ano estão adotando o método de estudo dirigido em grupo e o ensino nesta disciplina está bastante organizado de ponto de vista educacional.

No capítulo seguinte, dando continuidade ao presente trabalho, passaremos a analisar os resultados gerais da disciplina Física II da Escola de Engenharia desde 1966 até 1971. Esta disciplina contribui com aproximadamente 90% do número total de alunos que cursa Física Geral no 2º ano.

V - ESTUDO COMPARATIVO DE RESULTADOS GERAIS NA DISCIPLINA FÍSICA II DESDE 1967 A 1971

A disciplina Física II passou a ser ministrada pelo Instituto de Física em meados de 1966; o elevado e sempre crescente número de alunos (conforme mostra a figura 8), a tentativa de obter uniformidade de critérios para as diversas turmas e o objetivo de tratar a Física Geral como disciplina de formação básica comum a estudantes de ciência e engenharia, fizeram com que desde 1967 passássemos a procurar soluções para o ensino de massas. Tentamos inicialmente um sistema de aulas teóricas para grandes grupos (120 alunos) e aulas de exercício e laboratório para pequenos grupos (20 alunos). Como as aulas teóricas, tipo conferência, se mostraram completamente ineficazes, reduzimos o seu número em 1968 e posteriormente, em 1969, abolimos este tipo de aula, adotando o sistema de aulas teórico-práticas, no qual o mesmo professor ministra a teoria e os exercícios, alternando-os convenientemente. As sessões de laboratório, no entanto, eram orientadas por outro professor, observando-se uma total desvinculação entre estas aulas e as aulas teórico-práticas. Para tentar reparar esta deficiência, fixamo-nos finalmente num esquema em que o mesmo professor é responsável pelas aulas teórico-práticas e pelas sessões de laboratório de uma determinada turma.

Praticamente desde o início vínhamos encarando todas essas tentativas como uma evolução lenta rumo a uma solução satisfatória. Demo-nos conta, no entanto, que todas as tentativas vinham sendo feitas dentro do espírito tradicional da aula expositiva, onde o professor aparece como figura central dentro da classe e onde o aluno, até mesmo em determinadas "aulas de la-

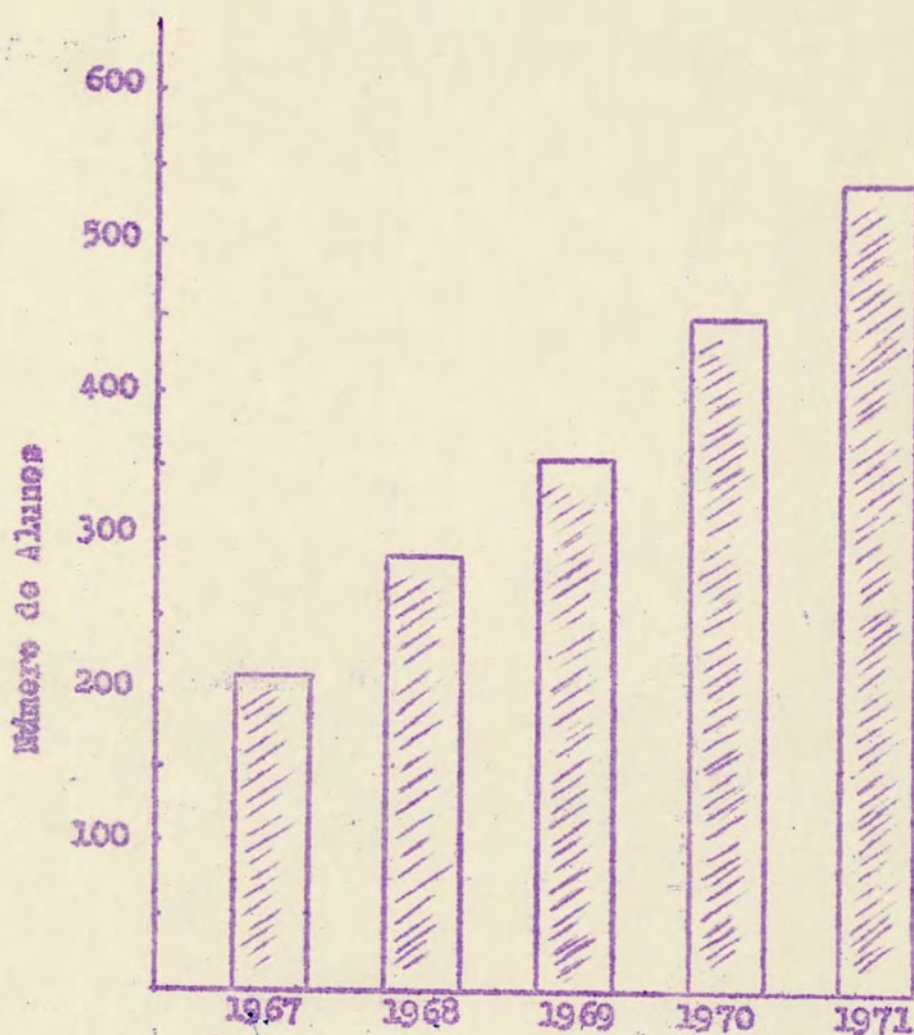


Fig. 8 - Número de alunos matriculados na disciplina Física II (Eng).

beratório", coloca-se numa atitude passiva no processo de aprendizagem. Propusmo-nos então a fazer a experiência relatada anteriormente, na qual o professor assume um papel diferente. Face aos resultados obtidos e ao interesse demonstrado por alunos e professores das turmas de controle pelo método experimental, o planejamento da disciplina para 1971, incluiu, para todas as turmas, algumas das características do método experimental usado em 1970. Foi feito um reestudo detalhado do conteúdo e foi introduzido

zida a definição operacional dos objetivos de cada capítulo do livro texto. As verificações continuaram sendo feitas simultaneamente para os alunos de todas as turmas, porém sua elaboração foi feita a partir da definição operacional dos objetivos. Inicialmente pretendíamos manter apenas três turmas como experimentais e repetir a experiência de ano anterior durante um período maior, porém isto não foi possível porque os alunos das turmas de controle começaram a procurar os roteiros distribuídos às turmas experimentais e os professores do grupo de controle começaram a usar método semelhante. Assim sendo, partiu-se naturalmente para uma maior unificação da disciplina, de modo que atualmente todos os alunos recebem os mesmos roteiros, folhas de respostas e definição de objetivos. Atingiu-se então um elevado índice de uniformidade e de organização no ensino da disciplina. Observe-se que o professor perdeu um pouco de sua individualidade e autonomia pelo material distribuído aos alunos não é mais o fruto de seu trabalho pessoal e sim de uma equipe da qual ele pode e deve participar; mas por outro lado, na situação de classe, no momento da aprendizagem, o professor continua com plena autonomia e o papel que ele desempenha nessa ocasião é de fundamental importância.

Com o ensino assim organizado os resultados gerais da disciplina, em 1971, foram bastante superiores aos obtidos em anos anteriores. Obviamente tratam-se de amostras diferentes, mas as diferenças em alguns casos são marcantes. A figura 9 mostra que em 1971 foi atingido o índice mais baixo de cancelamentos desde 1967, embora o elevado índice verificado nesse ano e no ano seguinte seja justificado, em parte, pelo cuidado dos alunos em não serem enquadrados numa norma vigente na época, segundo a qual o aluno reprovado duas vezes na mesma dis-

ciplina não teria direito à matrícula na Universidade pelo período de um ano. As figuras 10, 11 e 12 indicam que os índices de aprovação por média, nas três unidades didáticas da disciplina foram, em 1971, superiores aos índices dos anos anteriores. Finalmente, a figura 13 indica que o índice de aprovação final da disciplina será, este ano, o mais alto atingido desde 1967 pois na percentagem apresentada nesta figura, relativamente a 1971, estão computados apenas os alunos aprovados por média ou em exames de 1ª chamada, enquanto que as percentagens dos anos anteriores incluem aprovação também em exames de 2ª chamada e 2ª época. Talvez outros fatores tenham contribuído para esta melhoria dos índices em relação aos anos anteriores, mas apesar disso cremos que o fator preponderante foi a melhor organização do ensino.

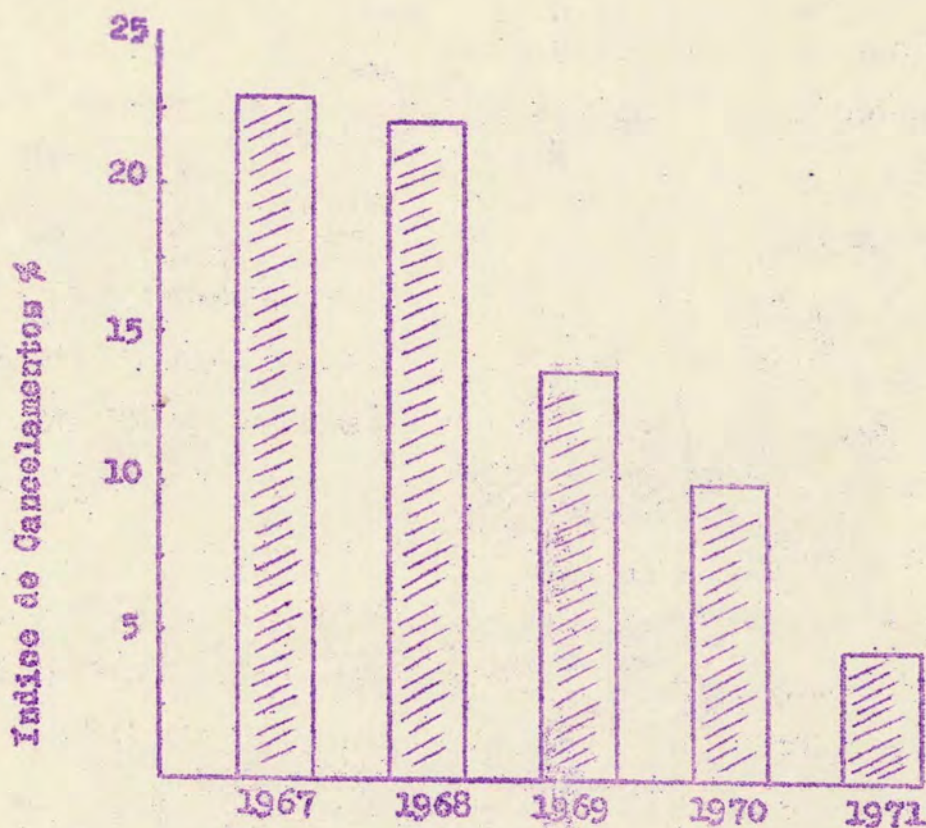


Fig. 9 - Índice de cancelamentos na disciplina Física II (Eng).

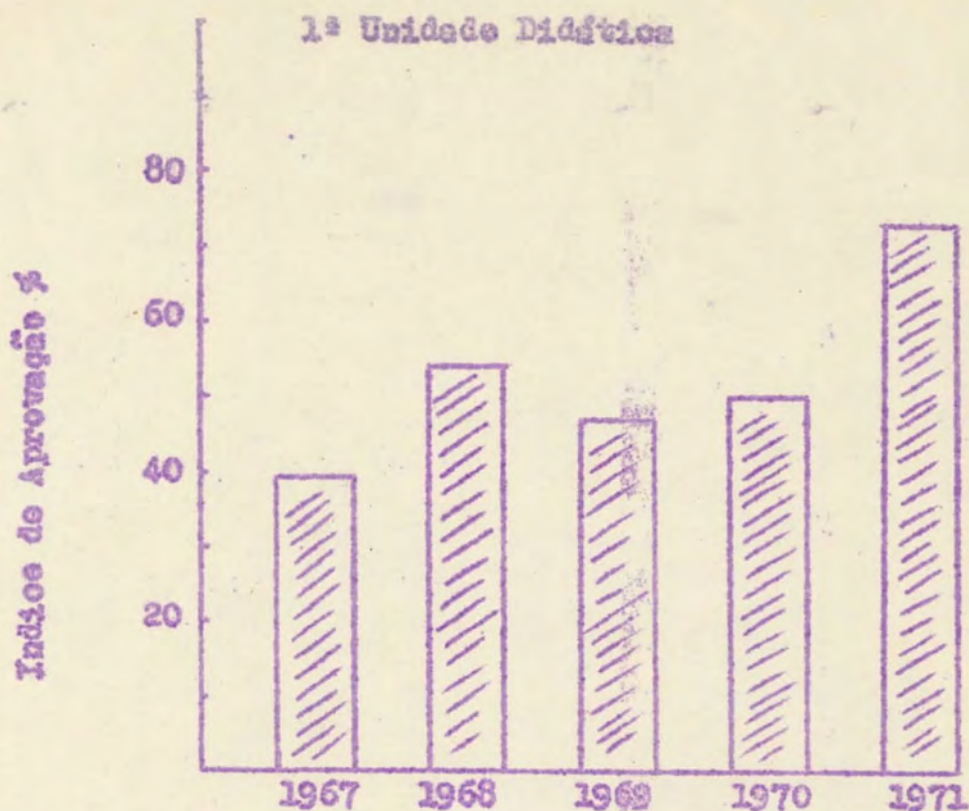


Fig. 10 - Índice de aprovação por média na 1ª Unidade didática da disciplina Física II (Eng).

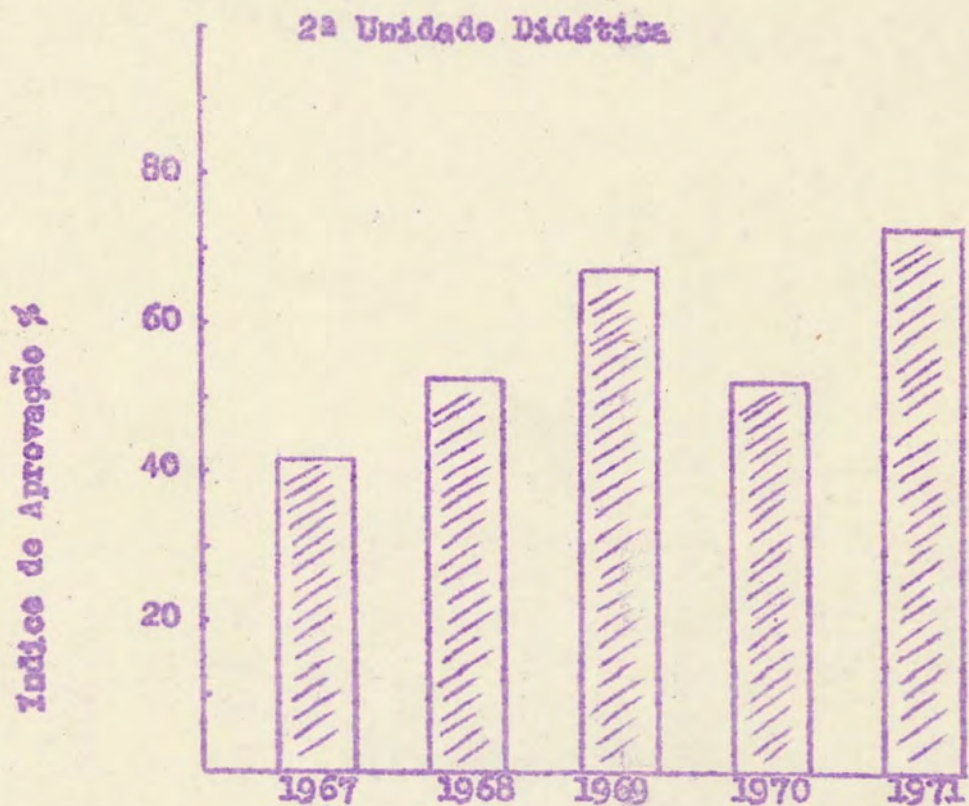


Fig. 11 - Índice de aprovação por média na 2ª Unidade didática da disciplina Física II (Eng).

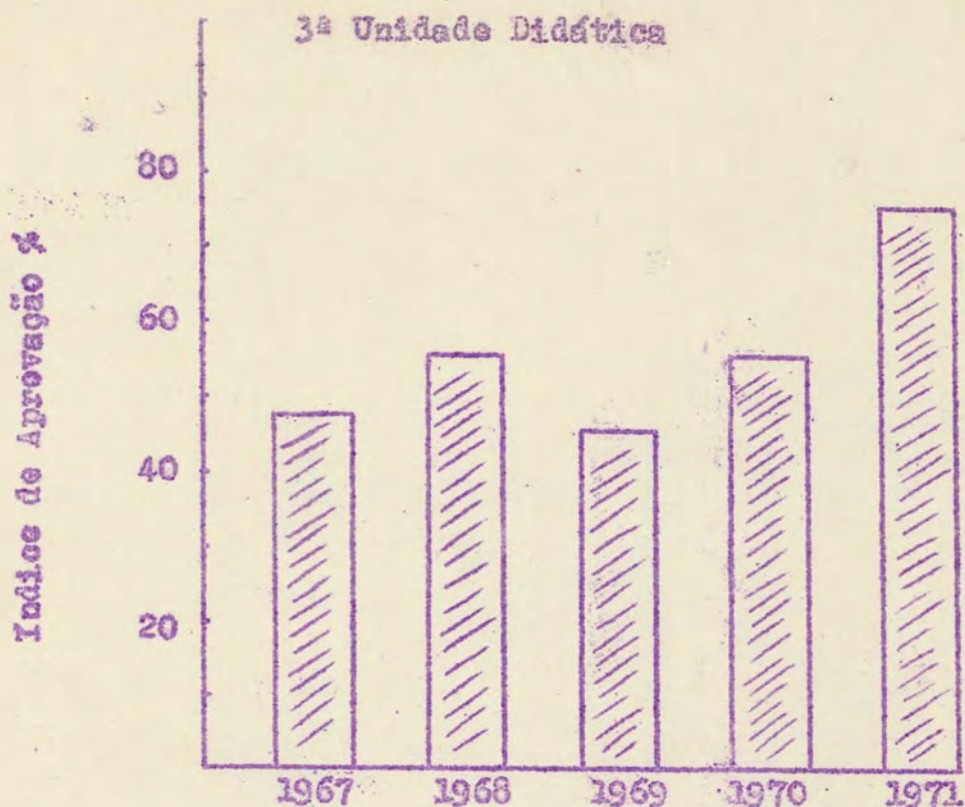


Fig. 12 - Índice de aprovação por média na 3ª Unidade didática da disciplina Física II (Eng).

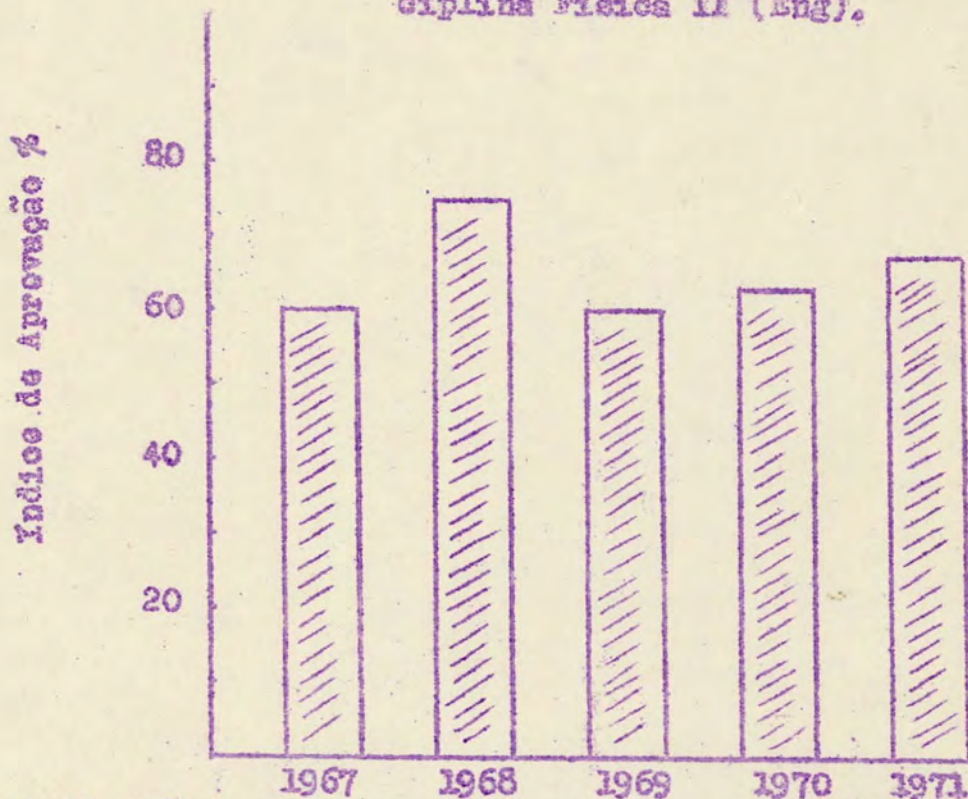


Fig. 13 - Índices de aprovação final na disciplina Física II; observe-se que em 1971 não estão computados os resultados de exames de 2ª chamada e 2ª época.

Passemos agora à proposição de um modelo de organização de ensino da Física no ciclo básico da Universidade.

VI - PROPOSIÇÃO DE UM MODELO DE ORGANIZAÇÃO DO ENSINO DA FÍSICA NO CICLO BÁSICO DA UNIVERSIDADE

Reportemo-nos ao problema básico, decorrente da não adaptação do ensino tradicional ao ensino de massas, definido anteriormente: como organizar o ensino da Física no Ciclo Básico da Universidade de modo a dar a uma massa de alunos o embaçamento necessário para estudos profissionais e a formação científica e cultural necessária à integração na sociedade atual, contando com todas as dificuldades decorrentes do elevado número de alunos, de sua heterogeneidade, da diversificação de interesses e outros fatores?

A solução que propomos, fundamentados no que foi exposto até aqui e nos resultados experimentais obtidos, é a organização do ensino e uma reconsideração de valores, de tal modo que não só o professor mas também o aluno seja um insumo (input) do processo de aprendizagem e talvez indo mais longe, como acentua Robert Gagné¹⁰⁾, que o aluno seja o insumo mais importante e que o exsumo (output) fundamental do processo seja a mudança de comportamento do aluno. A mudança de comportamento é inferida comparando a performance do indivíduo antes e depois de ter sido submetido ao processo de aprendizagem. No caso da Física Geral, por exemplo, se os objetivos gerais são a preparação para estudos profissionais e a integração do indivíduo numa civilização tecnológica, tais objetivos devem ser atingidos através de um ensino organizado, com objetivos específicos definidos operacionalmente a cada passo, propondo uma mudança no comportamento do indivíduo que permita inferir a ocorrência de aprendizagem. Se o comportamento final do indivíduo for tal que ele seja capaz de fazer ou dizer aquilo que dele se espera, en-

tão houve mudança de comportamento e, conseqüentemente, ocorreu a aprendizagem que o habilita a enfrentar etapas posteriores.

Tendo por base o modelo de Robert Gagné¹⁰⁾ e o "Input-Output-Model" de Philip Coombs¹⁶⁾, propomos para a organização do ensino de Física básica o modelo esquematizado na figura 14. Neste modelo os insumos fundamentais são o aluno e o professor, e o exsuno mais importante e única razão de ser do processo de aprendizagem, é o aluno, cujo comportamento foi modificado de tal modo que está preparado para estudos ulteriores e melhor integrado na sociedade científico-tecnológica. O professor e o aluno são insumos e ao mesmo tempo fazem parte do processo e professor organiza o ensino e o aluno é submetido ao ensino organizado. Todos os demais insumos estão de certa forma intrinsecamente ligados ao processo com maior ou menor grau de importância, mas no modelo foram colocados como condições de contorno, a fim de dar maior ênfase aos insumos essenciais do modelo.

Observe-se que no modelo proposto o professor não mais aparece como emissor de conhecimentos, mas como organizador do ensino. Este novo posicionamento, longe de desmerecer o professor, coloca-o paradoxalmente numa posição mais importante e na situação de aula permite-lhe maior comunicação com os alunos, já que sua função é a de orientar o trabalho do aluno. É mantida, portanto, a individualidade do professor na situação de aula, como orientador e motivador, porém como organizador do ensino é evidente que no ensino de massas deve-se entender a palavra professor por equipe de professores. A equipe é que seleciona o conteúdo e organiza-o seqüencialmente, define operacionalmente os objetivos e elabora os instrumentos de avaliação adequados. Até mesmo a escolha das estratégias de ensino e a sele-

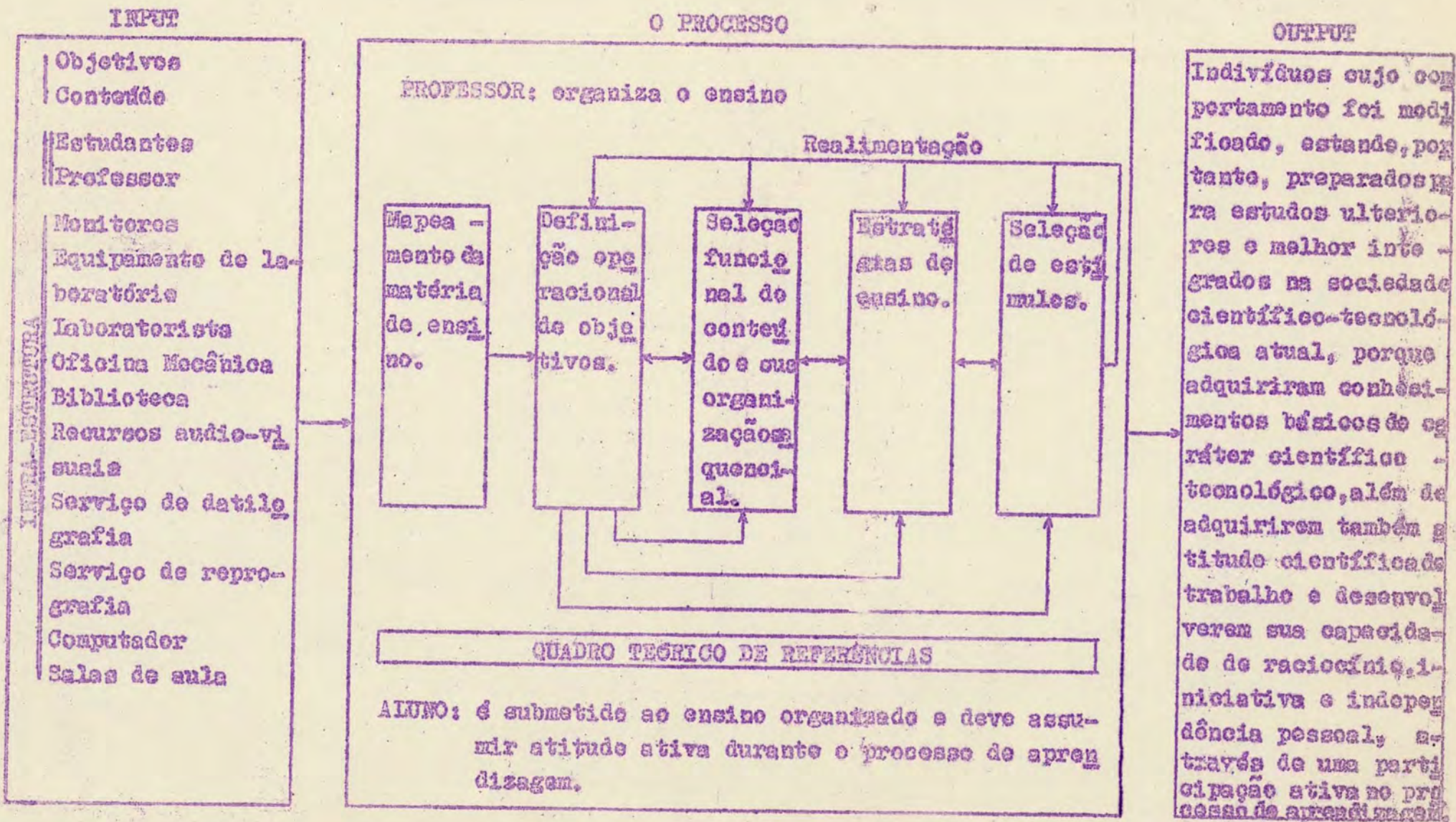


Fig. 14 - Esquema do modelo de organização proposto para o ensino da Física como disciplina de caráter básico.

ção de estímulos podem ser feitas pela equipe, apesar de que estas etapas possam talvez ficar a critério de cada professor. Obviamente se o número de professores é reduzido, todos eles farão parte da equipe, porém em se tratando de um grande número de professores apenas alguns constituirão a equipe, a qual deve contar, idealmente, também com a colaboração de outros especialistas, tais como educadores, psicólogos, técnicos em instrução programada, etc. Para que todos os professores da disciplina tenham oportunidade de participar da equipe organizadora, pode-se adotar o sistema de rodízio, de modo que a carga horária dos professores em classe seja aumentada ou diminuída conforme esteja ou não participando ou não do grupo organizador de ensino. Pode-se pensar também na hipótese de que se houver disponibilidade, alguns professores sejam liberados, durante um semestre por exemplo, das atividades em classe e dediquem-se somente à preparação de material didático, tais como testes de auto-avaliação, fichas e instrução programada, pois cabe ao grupo organizador de ensino prover os alunos de recursos desta natureza, que lhes permitam recuperar-se ou avançar no estudo da matéria de ensino. A existência de muitos recursos extra-classe (não necessariamente recursos áudio-visuais sofisticados, mas programas, fichas, etc) é de fundamental importância para a resolução do problema da heterogeneidade da população-alvo e de atendimento individual ao aluno, pois estes recursos substituiriam o professor no processo de realimentação.

Além disso, a existência de uma equipe organizadora resolveria, pelo menos em parte, outros problemas tais como o da homogeneização dos critérios de avaliação, pois os instrumentos de avaliação seriam elaborados e controlados pela equipe de maneira absolutamente uniforme, e o da falta de prepa-

re didático de muitos professores, pois estes, ao receberem e aplicarem o material elaborado pela equipe e, posteriormente, ao participarem da equipe, iriam aos poucos adquirindo o treinamento necessário. O problema do livro texto seria resolvido na seleção e organização do conteúdo, se não se encontrasse um texto ideal poder-se-ia usar o mais conveniente e complementá-lo com programas, pequenas apostilas, etc. A questão não é ficar à espera de um livro ideal e sim explorar convenientemente os textos disponíveis e complementá-los onde for necessário.

Evidentemente os insumos classificados como infraestrutura no modelo proposto são de grande importância e o funcionamento do esquema depende muito da existência dessa infraestrutura, porém seus componentes constantes na figura 14 não estão em ordem de prioridade nem são todos indispensáveis. Exceção feita ao computador, acreditamos que os demais insumos constituintes da infraestrutura, de um modo geral, já existem ou são viáveis de se obter em instituições que se propõem a receber um grande número de alunos para ali realizarem seus estudos.

Finalizando, cremos que o ensino organizado é o mais indicado para o ensino de massas pela sua própria natureza organizacional, pela sua flexibilidade, pela operacionalidade de seus objetivos, pelo processo de realimentação, pela sua capacidade de proporcionar recuperação ou avanço dos alunos, permitindo-lhes, na medida do possível, trabalhar com ritmo próprio e propomos a testagem do modelo proposto, através de sua contínua aplicação e análise minuciosa dos resultados obtidos.

FÍSICA GERAL 2º ANO

Capítulo 45

Objetivos Principais de Aprendizagem

Com o estudo deste capítulo você deve tornar-se capaz de:

- 1) Demonstrar que os máximos principais de espectro de difração de Fraunhofer através de um dispositivo de múltiplas fendas ocorrem para as direções tais que $d \sin \theta = m \lambda$ (relação 45-1).
- 2) Usar a relação (45-1) para calcular a posição dos máximos principais de espectro em termos de afastamentos angulares (θ) ou afastamentos lineares (y) sobre o anteparo.
- 3) Usar o método fasorial de representação e soma dos campos elétricos das diversas ondas que chegam num ponto qualquer do anteparo, a fim de descrever a formação dos mínimos e máximos secundários de espectro de difração através de múltiplas fendas, conforme é feito no último parágrafo da secção 45-2 e na figura 45-5, e determinar a posição angular dos mínimos de espectro.
- 4) Traçar um gráfico qualitativo da intensidade luminosa relativa no espectro de difração por múltiplas fendas, em função de $\sin \theta$, para N , d e λ determinados, com os valores de $\sin \theta$ indicadas para os mínimos e os máximos principais de espectro.
- 5) Usando o gráfico do objetivo 4, estabelecer as principais características do espectro de difração de dispositivo de múltiplas fendas, ou seja, que aumentando-se o número de fendas do dispositivo: a) os máximos principais tornam-se bem mais definidos (sua largura diminui); b) introduzem-se máximos secundários e mínimos entre cada dois máximos principais.

- 6) Descrever verbalmente uma rede de difração, seu modo de confecção e a maneira pela qual ela é usada num espectroscópio de rede, a fim de observar a decomposição da luz emitida por uma certa fonte em seus comprimentos de onda componentes.
- 7) Explicar, por meio da relação (45-1), como a rede de difração separa os diferentes comprimentos de onda da luz incidente; identificar no espectro de difração da luz branca os espectros de 1ª, 2ª, 3ª ... ordens.
- 8) Usar a relação (45-1) para calcular: a) a posição (em termos de afastamentos angulares (θ) ou afastamentos lineares (y) sobre o anteparo) das raias correspondentes aos comprimentos de onda da luz incidente em cada ordem de espectro; b) o número de ordens de espectro presentes; c) as superposições das diversas ordens de espectro, conforme faz o exemplo 1.
- 9) Definir matematicamente ($D = d/\lambda$) e verbalmente a Dispersão de uma rede; interpretar fisicamente este conceito (descrevendo, por exemplo, qual é a diferença, em termos de espectro, entre uma rede com D grande e uma rede com D pequeno); demonstrar matematicamente a expressão (45-4) da dispersão em função das características da rede.
- 10) Usar a relação (45-4) para calcular a dispersão de uma rede numa ordem qualquer do espectro, conforme faz a parte g do exemplo 4.
- 11) Definir matematicamente ($R = \lambda/\Delta\lambda$) e verbalmente o Poder de Resolução de uma rede; interpretar fisicamente este conceito (descrevendo, por exemplo, qual a diferença em termos de espectro entre uma rede com R grande e uma rede com R pequeno).
- 12) Demonstrar matematicamente a relação (45-6) a partir das relações (45-5), (45-4) e (45-3) (Seção 45-4).
- 13) Discriminar claramente os conceitos de dispersão (D) e poder

- de resolução (R), descrevendo, por exemplo: a) as alterações provocadas no espectro quando se aumenta R e quando se aumenta D ; b) qual a característica geométrica da rede que deve ser alternada em cada caso (Tabela 45-1 e figura 45-9).
- 14) Usar as expressões 45-5 e 45-6 para: a) calcular o poder de resolução de uma rede qualquer; b) determinar a menor diferença de comprimento de onda ($\Delta\lambda$) que pode ser resolvida por uma rede numa ordem qualquer de espectro, conforme fazem os exemplos 3 e 4 (b).
 - 15) Discriminar através de uma descrição verbal os espectros de decomposição da luz obtidos por meio de um prisma e por meio de uma rede, salientando em cada caso as vantagens e desvantagens de ponto de vista prático.
 - 16) Explicar porque não se usam redes de difração óticas para difratar raios-X.
 - 17) Explicar o que se entende por célula unitária de um sólido cristalino.
 - 18) Enunciar verbal e analiticamente a lei de Bragg, identificando todos os seus termos, sem consultar o livro texto.
 - 19) Dizer que tipo de informação sobre um sólido cristalino se obtém através da difração de raios-X.
 - 20) Calcular a posição angular de feixes de raios-X difratados por um cristal de estrutura conhecida, usando a lei de Bragg.
 - 21) Determinar ordens ausentes no espectro de difração de raios-X através de um cristal, como resultado das propriedades difrativas da sua célula unitária.

ESTUDO DE UM CAMPO ELÉTRICO COM AUXÍLIO DE UMA CUBA ELETROLÍTICA

- I. Definição operacional dos objetivos da experiência. Após a realização desta experiência, você deverá ser capaz de:
- a) Medir uma diferença de potencial usando o multíteste.
 - b) Traçar linhas equipotenciais a partir das diferenças de potenciais medidas.
 - c) Traçar linhas de força de um campo elétrico quando são conhecidas as linhas equipotenciais.
 - d) Fazer distinção entre linhas de força e linhas equipotenciais.
 - e) Dizer quais os pontos de maior ou menor intensidade de um campo elétrico a partir de suas linhas de força.
 - f) Dizer se o campo elétrico é uniforme ou não, a partir de suas linhas de força.
 - g) Determinar a direção de um campo elétrico, a partir de suas linhas equipotenciais.
 - h) Descrever o procedimento experimental necessário para estudar o campo eletrostático existente nas proximidades de um condutor carregado, de forma arbitrária.
- II. Nas páginas seguintes você encontrará um roteiro para realizar a experiência. Este roteiro conterá perguntas que você deverá responder por escrito no espaço previsto para a resposta. No verso da página você encontrará as respostas corretas a estas perguntas. É muito importante que você escreva todas as respostas às perguntas de uma mesma página antes de consultar a folha de respostas. Uma vez consultada a folha de respostas, corrija suas respostas (se for o caso) escrevendo a resposta correta logo abaixo de sua resposta e passe para a folha seguinte. Obviamente, por questões de redação, algumas vezes vo

cê terá que decidir sobre o acôrto de sua resposta quando comparada à resposta correta.

À medida que você seguir o roteiro, você observará que, inicialmente, as perguntas visam dar um embasamento teórico para a experiência e, posteriormente, se referem à execução da experiência propriamente dita. Procure sempre responder às perguntas sem apelar para o professor e escreva sua resposta antes de verificar a resposta correta.

À final da experiência, faça um auto-teste para verificar se atingiu todos os objetivos previstos no ítem I.

1. O que você entende por campo eletrostático em torno de um condutor carregado ?
2. Estabeleça uma diferença fundamental entre um campo elétrico e um campo gravitacional.
3. É possível descrever matematicamente um campo elétrico através de uma função escalar ? Em caso positivo, diga qual é essa função e se ela descreve completamente o campo. Em caso negativo, justifique sua resposta.

4. Como já foi visto, um campo elétrico pode ser descrito pela função potencial elétrico. Supondo que você possa determinar o potencial em cada ponto de um campo elétrico, é possível traçar linhas de força neste campo? Em caso positivo, explique como; em caso negativo, justifique.

5. Você dispõe de uma cuba eletrolítica, um multímetro, eletrodos, fonte de tensão contínua, fios de conexão e condutores de formas diversas. Com este material, faça um esquema de como você montará o conjunto, a fim de determinar diferenças de potencial em pontos de interior do líquido.

6. Faça a montagem de conjunto segundo o esquema anterior e chame o professor antes de fazer a ligação final à fonte.

7. Diga o que você está medindo ao colocar a ponteira do voltímetro no interior do líquido.

8. Colocando a ponteira em diversos pontos, o que se observa, em relação à ocorrência de valores idênticos para as medidas efetuadas.

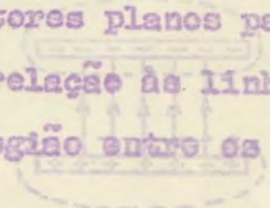
9. Esta observação experimental lhe parece razoável fisicamente?

terço alguns para que num campo elétrico não existam
pontas com o mesmo potencial e consequentemente, com a mesma
diferença de potencial em relação ao eletrodo.

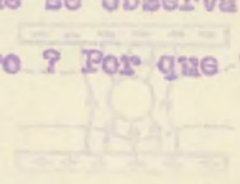
10. Como será possível traçar uma linha equipotencial de campo elétrico que você está estudando com a ponteira do voltímetro?

11. Determine com a ponteira diversas pontes de mesmo potencial e trace na folha de gráficos a linha equipotencial correspondente. Trace por este método diversas linhas equipotenciais e algumas linhas de força. Se você não adaptou nenhum condutor nas extremidades dos eletrodos, eles fizeram o papel de cargas pontuais e você tem representado graficamente o campo de um dipolo elétrico. As linhas de força não se cortam. Por que ?

12. Para representar graficamente um campo uniforme, repita o procedimento anterior adaptando dois condutores planos paralelos aos eletrodos. O que se observa em relação às linhas equipotenciais e às linhas de força na região entre os condutores ?



13. Introduza um condutor cilíndrico ôco entre as placas paralelas. Repita o procedimento anterior. O que se observa em relação ao potencial no interior do cilindro ? Por que ?



14. Adapte agora às extremidades dos eletrodos dois condutores de forma irregular e represente graficamente o campo elétrico existente entre eles, traçando linhas equipotenciais e linhas de força. Assinale na sua representação gráfica pontos de máxima e mínima intensidade. Determine a direção do campo elétrico em diversos pontos do campo. Justifique.

de V. decorrentes.

FISICA GERAL 2º ANO

Roteiro para a aula 44

Data: .../.../.....

Capítulo 45, seções 45-5 e 45-6, conteúdo: Difração de raios-X

1. Objetivos: Após o estudo deste assunto os alunos deverão ser capazes de:
 - a) explicar por que não são usadas redes de difração óticas para difratar raios-X;
 - b) explicar o que se entende por célula unitária de um sólido cristalino;
 - c) enunciar verbal e analiticamente a Lei de Bragg, identificando todos os seus termos, sem consultar o livro texto;
 - d) dizer que tipo de informações sobre um sólido cristalino se obtém através da difração de raios-X;
 - e) determinar a posição angular de feixes de raios-X difratados por um cristal de estrutura conhecida, usando a Lei de Bragg;
 - f) determinar ordens ausentes no espectro de difração de raios-X como resultado das propriedades difratoras da célula unitária;
 - g) identificar a difração de raios-X como um fenômeno de espalhamento.

2. Introdução (Alonso-Finn, Fundamental University Physics, vol. III, Addison-Wesley Publishing Company, U.S.A, 1968): "No estudo dos fenômenos de interferência e difração feitos nas aulas anteriores consideramos, via de regra, apenas o espectro ótico que, em última análise, é decorrente de excitações dos elétrons das camadas mais externas de um átomo. E, no entanto, possível excitar também elétrons das camadas internas e estas excitações são responsáveis pela emissão ou absorção de raios-

27

X, que são radiações eletromagnéticas, de comprimento de onda da ordem de 1 \AA . Expliquemos em breves palavras o mecanismo da produção de raios-X: num tubo de raios-X quando os elétrons atingem o alvo sua energia pode ser suficientemente alta para arrancar de um átomo um elétron de uma camada interna, suponhamos a camada K. Quando um elétron K é removido, cria-se nesta camada (anteriormente cheia) um estado vazio (ou um buraco). Um elétron de um nível de energia mais elevado, ou seja, um elétron de uma camada mais externa, pode então efetuar uma transição e preencher o estado vazio existente na camada K. Como a energia envolvida no processo é relativamente grande, a radiação emitida pelo elétron que efetua a transição para o estado vazio existente na camada K situa-se na região do espectro eletromagnético correspondente aos raios-X."

3. Ler a seção 45-5, certificando-se de que foram compreendidos os seguintes pontos:
 - a) porque as rédes de difração comuns não são apropriadas para o estudo da difração de raios-X;
 - b) em que consiste o espectro de Laue;
 - c) o que se entende por célula unitária de um sólido cristalino;
 - d) quais as semelhanças, do ponto de vista da difração, entre uma réde ótica e uma réde cristalina;
 - e) que informações se obtém através da difração de raios-X em sólidos (examinar detidamente a fig. 45-15). Responder a pergunta a): Por que o espectro de Laue não é linear como o espectro de réde? Responder também a questão 12 do livro texto.

4. Ler a seção 45-6 e assegurar-se de que é capaz de identificar cada um dos termos da expressão 45-8, sem usar o livro texto.

Examinar o exemplo 5 e resolver os problemas 25 e 26. Responder a pergunta d): Por que o autor, quando usa as palavras reflexão e refletido no texto, coloca-as entre aspas ? (Sugestão: na introdução deste roteiro está explicado rapidamente o processo de emissão de raios-X; pense agora em termos de absorção). Responder também a pergunta e): No estudo da difração feito anteriormente, admitimos tacitamente que os obstáculos interpostos à frente de onda assumiam um papel passivo no processo; tal hipótese é válida também para o processo de difração de raios-X ? (Obs.: esta pergunta está intimamente relacionada com a resposta da questão anterior.)

5. Roteiro para o trabalho extra-classe. a. Rer ler as seções 45-5 e 45-6 e ler o mesmo assunto em outro texto. (Sugestão: Alonso-Finn, Fundamental University Physics, vol. II, seções 23-7 e 23-8.) b. Resolver os problemas 27 e 28 de livro texto. (Resposta do problema 28: $1,68 \text{ \AA}$.) c. Responder as questões 10 e 11.

FÍSICA GERAL 2º ANO

Folha de soluções da aula 44

Pergunta a): Porque o espectro de Laue é decorrente da difração da raio-X numa rede cristalina tridimensional.

Questão 12): A célula unitária é o menor conjunto a partir de qual o cristal poderá ser ampliado pela repetição em três dimensões. Para o cloreto de sódio a célula unitária é um cubo de aresta $a_0 = 5,63 \text{ \AA}$; se usássemos um cubo de aresta $a_0/2$ não seria possível a partir deste cubo ampliar o cristal pela sua repetição em três dimensões.

Problema 25): $a = a_0 = 5,63 \text{ \AA}$.

$$2d \sin \theta = m\lambda \quad \text{sen } \theta = \frac{m\lambda}{2a} = \frac{m \cdot 1,2}{2 \cdot 5,63} = m \cdot 0,107$$

para $m = 1 : \theta = 6^\circ$, o cristal deve girar 39° no sentido horário

" $m = 2 : \theta = 12^\circ$, " " " " 33° " " "

" $m = 3 : \theta = 19^\circ$, " " " " 26° " " "

" $m = 4 : \theta = 25^\circ$, " " " " 20° " " "

" $m = 5 : \theta = 32^\circ$, " " " " 13° " " "

" $m = 6 : \theta = 39,8^\circ$, " " " " $5,2^\circ$ " " "

" $m = 7 : \theta = 48,6^\circ$, " " " " $3,6^\circ$ " " anti-ho-

rário

para $m = 8 : \theta = 59^\circ$, " " " " 14° " " "

" $m = 9 : \theta = 75^\circ$, " " " " 30° " " "

Problema 26): No problema anterior fizemos $d = a_0$ e obtivemos $\text{sen } \theta = \frac{m\lambda}{2a_0}$ para um máximo qualquer de ordem m ; se fizermos $d = a_0/2$, isto é, se considerarmos a "reflexão" em planos atômicos intermediários obteremos, para um máximo de ordem m , $\text{sen } \theta = \dots = m\lambda/a_0$, o que significa que no problema anterior só permanece

rão os máximos com m par, quando então estará satisfeita a equação $\sin \theta = m \lambda / a_0$. As ordens correspondentes a m ímpar são canceladas pelas propriedades difratoras da célula unitária.

Pergunta b): Por que na verdade não se trata de uma reflexão, tal como uma bola jogada contra uma parede; e que ocorre inicialmente é uma absorção de raios-X pelos íons do cristal, seguida de uma posterior emissão dos mesmos em diversas direções.

Pergunta c): A hipótese não é válida pois, como vimos na resposta anterior, os íons (obstáculos) é que atuam como fontes, e não os espaços livres como na rede de difração.

- 1) AMALDI, M., Physics and Education, Riv. Nuovo Simento 1 (Ed. speciale), 1-16, 1969.
- 2) PHYSICS TODAY, vol. 20, Nº 3, 26-44, March 1967.
- 3) SCIG NEWSLETTER, Nº 20, Spring 1971.
- 4) PHYSICS TODAY, vol. 21, Nº 3, 63-71, March 1968.
- 5) Lei nº 5.692, de 11 de agosto de 1971, publicada no Diário Oficial de 12 de agosto de 1971.
- 6) CHAGAS, Valmir, A Seleção e o Vestibular na Reforma Universitária, "O Ciclo Básico" (1º ciclo geral de estudos), Publicação do Conselho de Reitores das Universidades Brasileiras, CR-14-FE-7, 1969.
- 7) HALLIDAY-RESNICK, Física, Partes I e II, Ao Livro Técnico S.A., Rio de Janeiro, GB, 1966.
- 8) MARKLE, Susan M., Good Frames and Bad. A Grammar of Frame Writing, John Wiley & Sons Inc., New York, 1969.
- 9) MAGER, Robert, Preparing Instructional Objectives, Pearson Publishers, Palo Alto, California, 1962.
- 10) GAGNE, Robert M., The Conditions of Learning, 1st ed., Holt Rinehart and Winston Inc., New York, 1965.
- 11) GALLAGHER, J.J., A system of Topic Classification, Urbana, Illinois, Institute for Research on Experimental Children, University of Illinois, 1966.
- 12) COUFFIGNAL, D. y otros, La Cibernetica en la Enseñanza, 1ª ed. en español, Editorial Grijalbo S.A., México, 1968.
- 13) MOREIRA, M.A. e COSTA, M.E.V., O Professor como organizador das condições externas da aprendizagem, a ser publicada no 2º número do volume I da Revista Brasileira de Física.
- 14) GOEDICKE, Victor, Introduction to the Theory of Statistics, Harper & Brothers Publishers, New York, 1953, chap. 6: Neg

nal curve (pp. 91-117).

- 15) SPIEGEL, Murray R., Theory and Problems of Statistics :
Schaum Publishers Co., New York, 1961, chaps. 10 and 11 :
Statistical Decision Theory, Small Sampling Theory (pp.167
-200).
- 16) COOMES, P.H., The World Educational Crisis, Oxford Univer-
sity Press, 1969.