

INSTITUTO DE FÍSICA

preprint

IFUSP/P 290
B.I.F. - USP

IFUSP/P-290

O LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO EXPERIMENTAL:
UM ESTUDO VISANDO A VIABILIDADE DE NOVAS ABORDAGENS

Fuad Daher Saad e Cecília Alvarenga Pimentel -
Instituto de Física da Universidade de São Paulo
C. Postal 20.516, 05508 - São Paulo, Brasil

B.I.F. - USP

AGOSTO/1981

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FÍSICA
Caixa Postal - 20.516
Cidade Universitária
São Paulo - BRASIL

O LABORATÓRIO DIDÁTICO DE FÍSICA NO ENSINO EXPERIMENTAL:
UM ESTUDO VISANDO A VIABILIDADE DE NOVAS ABORDAGENS*

Fuad Daher Saad e Cecília Alvarenga Pimentel
Instituto de Física da Universidade de São Paulo
C. Postal 20.516, 05508 - São Paulo, Brasil

"O mestre não ensina o saber, mas o modo como conquistá-lo. De outro lado, mesmo sendo a verdade uma conquista pessoal (ninguém no-la pode apresentar pronta e acabada), ela é também uma conquista em comum, fruto do diálogo, da comunicação".

Sócrates

RESUMO

A importância da atividade experimental em física na formação do profissional é discutida tendo-se em vista aspectos como suas metas, mitos, evolução, metodologia, bem como sua importância na formação científica do físico. Baseadas nesse estudo são apresentadas e discutidas propostas de atividades experimentais já implantadas para grandes cursos básicos de física.

I. INTRODUÇÃO

A preocupação com o aprimoramento do ensino, em todos os níveis e ramos do saber, é atestada pelo fantástico número de publicações que as estatísticas indicam¹. Evidentemente, o ensino de Física não constitui exceção e se insere neste contexto; multiplicam-se textos didáticos nos quais se pode distinguir distintas abordagens metodológicas ou enfoques. O Laboratório Didático, a exemplo dos demais setores de ensino, tem merecido também uma atenção crescente, como se depreende da análise dos trabalhos apresentados nos Simpósios de Ensino de Física²⁻⁵ já realizados no Brasil; observa-se que, dentre as comunicações, conferências e trabalhos apresentados, os relativos a área experimental tiveram os seguintes percentuais: 1970 - 0%; 1973 - 14%; 1976 - 20%; e 1979 - 42%. Nos conclave internacionais e publicações especializadas, onde frequentemente vamos buscar modelos e inspirações, o assunto tem merecido a constante atenção de cientistas e educadores⁶.

Independentemente da teoria de aprendizagem defendida ou mesmo de abordagens empíricas, a análise da bibliografia pertinente nos indica a existência de um consenso no que diz respeito a importância das atividades experimentais⁷, isto é, acredita-se que o envolvimento e a participação do aluno em atividades práticas colaboram para uma aprendizagem mais eficiente dos conceitos e aumenta a probabilidade de generalizações das análises para situações concretas observáveis na natureza. Além disso, permite ainda ao estudante o domínio de novas técnicas e manuseios experimentais⁸. Entretanto, observa-se na literatura uma crítica generalizada ao ensino experimental em nossos cursos superiores estendida, pela sua quase ausência, aos cursos de 1º e 2º graus. Com relação ao ensino superior, as críticas se abrem num amplo espectro que vão desde os modelos de laboratórios até aos conteúdos abordados. Questionam-se: O que? Como? Por que? Paralelamente à essas colocações

* Trabalho a ser apresentado (C.A. Pimentel) na III Reunión Latino Americana sobre Educación en Física - C.L.A.F., 7 a 11 setembro 1981, Oaxtepec, Mexico.

gerais, outros aspectos ligados a atividade experimental como: relatório obrigatório, horários rígidos, simplicidade experimental versus experimentos mais elaborados, etc. passam a merecer melhor atenção e estudo.

As análises de trabalhos apresentados e questionamentos feitos têm levado muitos setores a pesquisar modelos alternativos e novos tipos de abordagens os quais, inicialmente enveredam pelos mais divergentes caminhos para, posteriormente, em sua maioria, retornarem às mudanças que denominamos rotineiras: substituir uma experiência por outra; acrescentar ou retirar perguntas nos roteiros, adquirir novos equipamentos, etc.. Assim, a maioria das inovações que são frequentemente introduzidas não tem resistido ao tempo, às críticas, às aspirações de estudantes e professores.

Estamos conscientes da dura realidade com que nos deparamos. O educador, em quase toda parte, vê-se frequentemente diante de situações nada animadoras. Assume teorias ou modelos considerados perfeitos para resolver os problemas educacionais e se vê derrotado pela realidade.

Detendo-se nas propostas e críticas que são normalmente feitas, temos a impressão de que estamos diante de um imenso caleidoscópio, onde aparentemente cada pesquisador extrai uma parte apenas de distorcidas "imagens". Onde reside a "verdade" se é que ela existe? Quais as soluções para o ensino experimental? Qual metodologia ou enfoque? Qual sua importância real dentro de nossa realidade educacional? Estamos caminhando em círculos ou espiral na busca de soluções? Quais seriam, dentro de nossa ótica, as propostas para a projeção de um ensino experimental? Propostas, que de alguma forma contribuíssem para se romper o círculo vicioso no qual ele se insere, e que provoca quase sempre a chamada "síndrome de rejeição" nos alunos?

A REALIDADE DO ENSINO EXPERIMENTAL BRASILEIRO

A precariedade de nosso ensino experimental de Física, constatada em levantamentos realizados por Saad e Nascimento⁹ e Terrazan et al.¹⁰ é confirmada por estudos mais aprofundados em dissertações de mestrados (Soares¹¹, Ferreira⁷, Watanabe¹², entre outros).

Pode-se destacar dos estudos acima citados que nas universidades brasileiras prevalecem as abordagens clássicas, ou se

ja, o Laboratório de Física Básica é utilizado fundamentalmente para:

- ilustrar e dar suporte às aulas teóricas;
- realizar verificações experimentais (leis, relações, etc.);
- habilitar os estudantes a manusear instrumentos diversos;
- realizar-se demonstrações;
- ensinar conceitos e tópicos não estudados em aulas teóricas: ensinar Física;
- introduzir o aluno no método científico;
- dar iniciação científica ao aluno;
- redescobrir leis.

Esse Laboratório apresenta como características básicas:

- instruções completas e auto-consistentes;
- material experimental bem estruturado;
- presença constante do professor durante os horários de aulas (normalmente rígidos);
- relatórios como meio básico de avaliação.

Alguns pontos considerados críticos com relação ao nosso ensino experimental podem estar ligados aos seguintes fatores:

- a) falta de objetivos claros a serem atingidos com as atividades experimentais e de como estas podem contribuir para a aprendizagem - consequência da quase ausência de investigações nesse campo;
- b) falta de equipamentos e instalações apropriadas, conduzindo a adaptação dos objetivos do Laboratório aos instrumentais e condições existentes;
- c) falta de recursos para se pesquisar, desenvolver, adquirir e manter os equipamentos, resultado de uma constante inexistência de infra-estrutura humana e material em nossos cursos superiores e ausência de uma Política Educacional geral;
- d) falta de elementos qualificados para as atividades experimentais - consequência da pequena importância que normalmente é dispensada a esta atividade;
- e) pouco tempo dedicado às atividades de Laboratório. (Em média dedica-se apenas 2 horas semanais para as atividades de laboratórios);
- f) grande número de estudantes a serem atendidos nos cursos bá

sicos e sua enorme diversidade de cursos - consequência da explosão educacional brasileira.;

g) falta de planejamento global. Como consequência perdura uma rotina asfixiante ou constantes improvisações;

h) ausência de uma metodologia de ensino.

Ultimamente, graças as novas concepções com respeito ao processo ensino-aprendizagem, outras responsabilidades têm sido atribuídas ao Laboratório, conforme destaca Eades⁸. Variadas abordagens metodológicas têm sido apresentadas nas quais se observa a tendência de se fornecer maior liberdade de ação e de decisão ao estudante. Além de se procurar, através das atividades de Laboratório, desenvolver atitudes tais como: espírito crítico, iniciativa, motivação, espírito científico, criatividade, etc..

Em nosso país, de uma maneira geral, procura-se utilizar várias experiências de ensino já testadas e outras ainda em andamento em países desenvolvidos. Diversas são as formas de abordagens: Laboratório de Projetos, Laboratório Divergente, Corredor de Demonstrações, "Kits", Laboratório Circulante, "Fading", etc., com as adaptações locais. Embora prevaleça o Laboratório Tradicional cujos objetivos e características básicas foram acima citadas, observa-se uma tendência no sentido de se oferecer outras alternativas. Citamos o Laboratório menos rígido quanto a programação e direção das atividades estudantis; este evolui desde formas bem próximas do Laboratório Aberto (em horários e experimentos) onde os alunos, dentro de certos limites, chegam a projeção de seus experimentos até certas formas de atividades controladas. As novas iniciativas prevêem variadas formas de interação aluno-professor-laboratório conforme Watanabe¹² destaca no esquema que apresentamos na fig. 1:

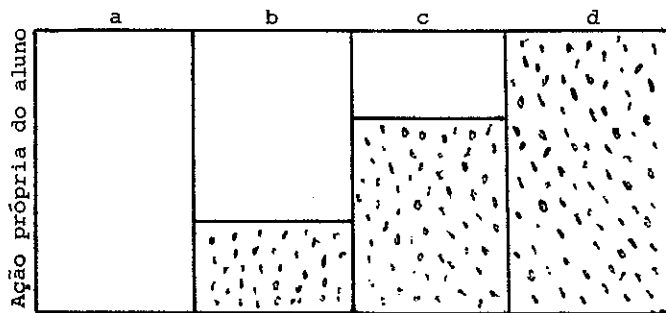


Fig. 1 - Oportunidade de ação própria do aluno (área hachuriada) nas atividades práticas de laboratórios. Tem-se em: a) demonstração feita pelo professor; b) laboratório projetado e montado pelo professor; c) fornecimento de instruções detalhadas com oportunidade de investigação e d) o aluno com completa liberdade de ação.

Importantes trabalhos pioneiros (Soares¹¹, Ferreira⁷ e Watanabe¹²) analisaram em profundidade os vários tipos de abordagens experimentais. Ferreira optou, para o ensino do 2º grau, pelos chamados "Kits" experimentais desenvolvidos pelo aluno, elaborando variados protótipos e criando uma interessante e pioneira "biblioteca de instrumentos". Watanabe preferiu uma abordagem eclética para o ensino de Física numa Faculdade de Tecnologia, com elementos de várias propostas e Soares realizou uma crítica de nosso ensino experimental vigente.

De uma maneira geral as atividades experimentais podem ser consideradas como um "continuum". Em um extremo se indica a atividade totalmente centrada no professor, sendo o aluno um mero assistente (Laboratório de Demonstrações) e no outro a atividade centrada no aluno, ficando o professor como orientador e avaliador de seu trabalho (Laboratório de Projetos). Por terem sido os tipos de laboratórios já exaustivamente estudados pelos pesquisadores referenciados, não se fará considerações específicas neste estudo preliminar. Todavia não se descuidará de sua importância e de seus ensinamentos que serão considerados ao longo desta investigação.

Um fato que se destaca é que as várias propostas surgidas como alternativas ao modelo tradicional têm tido pequena repercussão em nosso ensino superior.

Evidentemente, o problema do ensino experimental interliga-se com os demais problemas do ensino básico. Não temos a ilusão de que, mesmo com adoção dos mais modernos métodos de ensino experimental, dispendendo-se ou não dos mais sofisticados instrumentos para nossos alunos, poder-se-á alterar, de maneira significativa, a nossa realidade educacional presente. Desta forma a própria tentativa de se obter um laboratório satisfatório e adequado às nossas condições deve ser colocada com a devida cautela.

Toda atividade experimental desenvolvida em nosso sistema educacional baseia-se em pressupostos oriundos da tradição, de teorias instrucionais e dos mais variados modelos ou abordagens. Alguns pressupostos são transmitidos de geração a geração, nem sempre merecendo, por parte dos responsáveis pelo ensino experimental, reflexões ou investigações mais aprofundadas. Por outro lado, eles nem sempre aparecem explicitamente, mas estão presentes nas formas de organização dos experimentos. Outros pressupostos são de origem mais recente e também conduzem a uma forma de atuação bem determinada. Vamos destacar, para análise e discussões, alguns desses pressupostos:

a) o Laboratório Didático é importante para "ensinar física". Neste caso, o aluno realiza uma experiência "ignorando sua fundamentação teórica", levantando hipóteses a partir de observações e "descobrimos" relações físicas";

b) o Laboratório Didático destina-se a introduzir o aluno no Método Científico. Pressupõe-se que o estudante num Laboratório Didático reproduza, vivenciando, os procedimentos de um cientista. O laboratório é utilizado, também, como uma espécie de "iniciação científica". Este propósito está em íntima relação com o pressuposto a). Assim, procura-se desenvolver o espírito crítico, científico, motivação, criatividade, etc.;

c) existem experimentos básicos e fundamentais;

d) o laboratório e teoria devem ser desenvolvidos paralelamente.

Algumas colocações acima conduzem inevitavelmente as atividades experimentais a papéis nem sempre facilmente aceitáveis, motivo pelo qual pretende-se rediscutir seus aspectos básicos, separando-se os mitos da realidade.

A PROPOSIÇÃO

O Instituto de Física da USP tem a responsabilidade de ministrar o Curso Básico de Física a profissionais de oito áreas distintas (Física, Matemática, Química, Engenharia, Biologia, Farmácia, Geologia, Meteorologia). Esse fato, aliado à importância que tem sido dada às ciências básicas na formação de profissionais¹³, faz com que pesquisas educacionais nessa área sejam relevantes.

Nosso envolvimento, nas atividades experimentais nos últimos anos, nos permitiu vivenciar os problemas do ensino experimental e, amparados em estudos no campo da educação, pudemos analisar de forma menos amadoresca os problemas do ensino em geral. Assim, foi possível, dentro de nossa atividade profissional: colaborar na elaboração de textos ou apostilas de laboratório, projetar experimentos, participar de experiências pioneiras em nosso país, através da proposta e realização de novos enfoques para o ensino experimental (Laboratório de Projeto, Laboratório Circulante, Laboratório Livre, Laboratório com instruções reduzidas, etc.), além de intensa participação, nacional e internacional, em cursos e discussões referentes a esta problemática.

Acreditamos que os Laboratórios Didáticos têm particular responsabilidade na formação profissional, nos mais variados campos de formação científica, pela oportunidade que pode oferecer ao estudante no sentido de: a) manipular e estudar modelos experimentais; b) realizar observações controladas e de poder analisá-las, discutí-las e expor oralmente e por escrito seus resultados; c) projetar e realizar experimentos simples; d) pesquisar informações relevantes; e) objetivar de forma concreta conceitos abstratos; f) despertar o interesse dos estudantes, no que diz respeito aos aspectos atitudinais, para as atividades experimentais.

Como objetivo genérico, nosso estudo pretende colaborar no sentido de melhorar nosso entendimento sobre o ensino experimental de Física em geral e em particular enfocá-lo inserido dentro do contexto do Instituto de Física da USP, enriquecendo estudos já realizados neste setor em nosso país¹⁴⁻²⁸ e em outros²⁹⁻⁴⁵.

Como objetivos específicos, pretendemos analisar o Laboratório Didático em seus múltiplos aspectos como objetivos, conteúdos, modelos e mitos e propor formas alternativas.

Quanto à análise, é nosso intento discutirmos alguns aspectos presentes explícita ou implicitamente no planejamento das atividades experimentais do ensino universitário brasileiro. Em seguida abordaremos inúmeras sugestões e propostas constantes em textos específicos e trabalhos clássicos no campo do ensino experimental nacional e internacional. Vamos procurar extrair elementos constantes das propostas que possam ser úteis na projeção de um curso experimental. Finalmente analisaremos as experiências que estamos presentemente desenvolvendo no Instituto de Física da USP.

Quanto as propostas, pretendemos apresentar modelos de atividades experimentais, discutindo os resultados de nossas análises; situá-las dentro de um contexto global que entendemos constituir um Laboratório Didático e sua evolução dentro do curso experimental (não apenas em turmas pilotos). As opiniões de professores e alunos envolvidos nesse experimento deverão indicar os parâmetros necessários para as reformulações dos modelos e suas adequações a nossa realidade.

Nossos estudos, vivência no campo e análises preliminares permitiram formular algumas hipóteses de trabalho:

a) a atividade experimental é importante no ensino superior;

b) existe a necessidade de se rediscutir os objetivos tradicionalmente colocados para a atividade experimental, além de outros relativamente recentes;

c) não existe uma única forma ou metodologia presentemente universalizada para o ensino experimental. Como consequência:

- impõem-se pesquisar modelos empíricos e ajustá-los a nossa realidade;
- um conjunto de experiências ou atividades experimentais não tem prevalência sobre outro;
- são destituídas de fundamentação afirmações de que existem experimentos fundamentais;

d) o laboratório não tem como objetivo básico o "ensino de Física" embora isto possa ocorrer;

e) aparentemente a atividade experimental atua mais no domínio afetivo do estudante do que no cognitivo;

f) a atividade experimental constitui uma adequada forma para se objetivar, de forma mais eficiente, a compreensão de muitos fenômenos, reforçando o entendimento dos mesmos.

Vamos nos valer de uma abordagem empírica derivada de nossa análise da realidade educacional, de trabalhos já realizados no campo do ensino experimental, de inúmeras propostas já oferecidas, bem como de nossa experiência neste setor. Estamos conscientes da precariedade deste estudo, visto adentrarmos no campo do subjetivismo, das opiniões particulares onde a ausência de referenciais seguros, com que o cientista normalmente trabalha, conduz-nos a dados que apenas sugerem, mas não permitem conclusões definitivas. Neste campo, onde estamos ainda tateando, temos presente as ponderações de Kuhn⁴⁶ e de Mackenzie et al.¹, estes advertindo:

"O ponto mais importante a sublinhar talvez seja o fato de que experiências julgadas segundo uma série de critérios podem ser declaradas concludentes, ao passo que, julgadas conforme outra série, revelar-se-iam desastrosas. O exemplo clássico pode ser resumido nessa frase: A operação foi um êxito, mas o doente morreu".

A perplexidade frente a problemática educacional com as novas teorias e a dificuldade em se avaliar seus resultados é refletida nas ponderações de Hardison⁴⁷, ao analisar o ensino de Humanidades. No mesmo sentido, temos a colocação de Azanha⁴⁸:

"Seria pueril negar qualquer valor a totalidade dos estudos sobre a educação, mas a verdade é que, com exclusão dos estudos filosóficos, os demais na sua generalidade, se distribuem monotonicamente entre o insignificante rigoroso e o discurso opinativo".

Tomada no sentido lato esta colocação nos remete a uma problemática cíclica: a relevância dos estudos filosóficos aliada à multiplicidade de escolas e tendências, frequentemente conflitantes, torna, a nosso ver, o discurso filosófico também opinativo. A situação exigirá, evidentemente, muita pesquisa e reflexão para se sair do aparente beco sem saída em que se encontra a pesquisa educacional.

Assim, enquanto que no campo das chamadas ciências exatas é hábito a citação de resultados validados e aceitos por toda ou parte da comunidade científica, no campo educacional é comum trabalhos serem respaldados em citações de autores os mais variados, cuja universalidade nem sempre é reconhecida ou, o que é frequente, baseados em opiniões, frutos de reflexões que nem sempre são resultados de investigações cujo rigor é hoje reclamado. Como exemplo, poderíamos citar: Rousseau, Dewey, McLuhan, entre muitos outros. Longe de nós quisermos afirmar com isto que as obras destes autores sejam destituídas de valor mas apenas exemplificar que, no campo educacional, ainda perdura a reflexão no lugar da investigação.

Devemos reconhecer, por outro lado, a existência de extensa bibliografia referente a aprendizagem tendo como centro a criança, bem como o desenvolvimento de métodos de ensino correspondentes aos inúmeros modelos já existentes, os quais são alvos de inúmeras observações e pesquisas formais. Desta forma, observa-se uma variada linha de atuação do educador no campo do ensino de 1º e 2º graus, na maioria dos países. No ensino superior com exceção de algumas tentativas (Método Keller, estudo dirigido, etc.) prevalece, no geral, o ensino tradicional que tem como ponto de melhor caracterização a aula expositiva. São bastante variadas as formas que o ensino tradicional toma. Costuma-se afirmar que cada professor, individualmente, é quem melhor caracteriza o método de instrução utilizada. Contudo, devemos destacar que, até o presente momento, uma técnica de ensino universalizada para os cursos superiores está por acontecer.

Apesar dos esforços no campo da pesquisa educacional, o problema da aprendizagem em si, em todos os níveis, seus possíveis arranjos, continua desafiando a todos. Assim, o presente estudo constitui a nosso ver mais um modesto esforço empírico, de resultados discutíveis e de generalização duvidosa. Mas preferimos o risco de colher frutos duvidosos de um esforço coerente com nossas análises, do que nos refugiarmos nas críticas estereótipos dos omisões.

II. O ENSINO EXPERIMENTAL

Alguns aspectos do ensino experimental bem como a interligação deste ensino com outros de caráter formativo merecem um estudo mais detalhado.

METAS E MITOS

Um aspecto que consideramos merecer uma reflexão mais profunda refere-se a um objetivo frequentemente presente de forma explícita ou implícita nos textos e trabalhos:

ENSINAR FÍSICA ATRAVÉS DA EXPERIÊNCIA

Não poucas vezes nos deparamos com a assertiva acima formulada nas mais variadas formas. Essa colocação exige que se entenda o que é uma experiência física em seu sentido lato e qual o seu papel quer no campo do ensino-aprendizagem quer no campo da pesquisa básica. Por outro lado, a aceitação do pressuposto enunciado implica numa série de consequências para a organização das atividades didáticas de um Laboratório e a concepção de experimentos. Neste sentido podemos, como consequência, observar:

- a) as experiências são frequentemente projetadas para acompanhar paralelamente o desenvolvimento teórico de um curso;
- b) experimentos são projetados objetivando dar condições para o aluno descobrir leis, relações, etc.;
- c) o laboratório projetado para o aluno "aprender física" não deve se utilizar de informações detalhadas dos conhecidos manuais experimentais; estes são considerados nocivos para o aprendizado, uma vez que o caráter de novidade e conseqüentemente a motivação do aluno serão destruídos, se ele já souber o que se vai obter de um experimento. Esse fato comumente pode ser resumido pela conhecida paráfrase de Polya⁴⁹ "admitindo que o que precisa ser feito já o foi, o que se procura já foi encontrado, o que se tem a demonstrar é verdadeiro" - leva o aluno, frequentemente, a se enfadar com as atividades experimentais;
- d) liberdade de ação e decisão para o aluno agir. Horários rígidos, normalmente se chocam com este tipo de proposição. O laboratório de projetos, o divergente, etc., estão na esteira desta concepção de laboratório.

e) estudo de fenômenos desconhecidos. Esta concepção pressupõe que o aluno desconheça a teoria antes de realizar um experimento.

Esta preocupação em "Ensinar Física" através da atividade experimental foi detectada em nossas sucessivas investigações e nos trabalhos de Soares¹¹, Cardoso⁷, Watanabe¹² e outros. Devemos estudar com a devida cautela esse fato, analisando o papel da experiência e sua implicação nos modelos de ensino, além do seu papel no campo da investigação científica que, em última análise, motiva os projetos de laboratório. Consideramos bastante pertinentes as considerações de Azanha⁴⁸ com relação a conceituação do que se constitui uma experiência científica.

Com relação às experiências programadas nos nossos laboratórios didáticos é comum observar-se o conceito de experiência ligado às experiências pessoais, bem como a pretensão de que simples exercícios experimentais possam reproduzir situações de pesquisa científica. Este trabalho mereceu reflexões sobre as lúcidas análises de Lindsay e Margenau⁵⁰ a respeito do que consiste um experimento. Também foram levadas em consideração as ponderações de Hanson⁵¹ quando analisa as observações que um físico e um leigo podem fazer de um dado fenômeno físico. A colocação de que "quem nada aprendeu nada pode observar" é reforçada, ainda que com enfoques diferentes, nas análises de Magee⁵², Eisenberg⁵³, Kuhn⁴⁶, Skinner⁵⁴, Nagel⁵⁵, e Hegenberg⁵⁶.

A pressuposição da aprendizagem através da experiência leva o educador a conduzir o estudante a observações e obtenção de dados; depois disto, espera-se um "insight" através do qual o estudante "redescobre" as relações que muitas vezes levaram séculos de especulações e discussões para serem estabelecidas.

Podemos acrescentar que uma tarefa de observar ou experimentar traduz-se sempre pela presença de um problema na mente do pesquisador. Problema que se lhe apresenta como um desafio. Problema "seu". Ele então mobiliza todos seus "recursos" intelectuais e materiais para resolvê-lo. Estuda, especula, discute. O tempo é importante mas não é o essencial. Não há similaridade quando um aluno entra num laboratório didático. O problema que ele frequentemente irá defrontar não é "dele". É do curso. Nem sempre há desafios: há pressão - tempo, relatórios, notas, etc.. É artificial a situação, é ilusório o envolvimento do aluno, são duvidosos os resultados obtidos neste contexto.

Envolvidos num processo rotineiro, nem sempre o edu

cador tem questionado o porquê das formas de ensino proposto e os resultados que se podem obter com tais organizações (Moreira⁵⁷).

Conforme tivemos a oportunidade de observar, o aluno, ao se desenvolver nas atividades experimentais projetadas num Laboratório Didático, pode, de acordo com sua concepção, ficar sujeito a uma série de estímulos e possibilidades de manipulações das mais variadas. Entretanto, ao projetar um experimento, ou mesmo, quando pretender verificar uma relação, caso ela exista, algumas decisões aparentemente devem proceder sua inicial manipulação experimental: O que ele pretende obter? Qual o instrumental necessário? Há uma previsibilidade? Qual o modelo teórico? etc..

Entretanto, temos colocações como as de Soares¹¹:

"O Laboratório, com ênfase no conteúdo é organizado como um meio de oferecer um maior entendimento e apreciação do conteúdo da disciplina. A atividade de Laboratório é um complemento das aulas teóricas. Tem como função: ilustrar e confirmar fatos, fenômenos, conceitos ou teorias. Um modo de expressar os objetivos desta área é:

- *ilustrar e ampliar o assunto ensinado nas aulas teóricas;*
- *ensinar assunto teórico ainda não apresentado;*
- *verificar experimentalmente as leis teóricas".*

E mais adiante conclui:

"O Laboratório, com ênfase no conteúdo, pode ter como objetivo principal que o aluno "descubra" a lei teórica. Neste caso, também a escolha da experiência e mais o equipamento a ser utilizado, é crítico. Os resultados devem ser bem precisos, exatos e fáceis de interpretar. Este laboratório será tanto mais proveitoso, quanto mais desconhecido seja o assunto para os alunos. Neste caso o laboratório é anterior as aulas teóricas".

Evidentemente, pelo que expusemos anteriormente, não concordamos no êxito desta abordagem no nível superior, visto que não podemos esquecer que muitos conceitos, hoje estudados em física e que podem ser considerados, "simples", foram frutos de séculos de meditação, observações e investigações para se ter uma formulação considerada válida dentro de um modelo. Conforme pudemos ter oportunidade de destacar anteriormente, não há aparentemente observação neutra nem a escolha de variáveis é feita ao acaso. Elas pressupõem em geral a existência de uma teoria. Experiência, no sentido que hoje é utilizado no ensino superior, pressupõe objetivos e, portanto, aparentemente carece de investigação mais profunda a

afirmação: "Este laboratório será tanto mais proveitoso, quanto mais desconhecido seja o assunto para os alunos".

Evidentemente, não menosprezamos uma ampla manipulação de modelos e fenômenos em todos os níveis de ensino, objetivando uma melhor compreensão dos fenômenos em estudo. Em particular nos 1ºs. e 2ºs. graus, este fato se torna básico para uma devida compreensão de muitos fenômenos em estudo, uma vez que parcela considerável desses alunos encontra-se ainda na fase das operações concretas, e as abstrações conduzem, inevitavelmente, a simples memorizações.

Outra consequência para o chamado laboratório de re descoberta é a chamada variável tempo: não se pode prever um tempo para que um aluno obtenha uma dada relação para um fenômeno em estudo, ainda que seja considerado "simples".

O redescobrir leis ou a resolução de problemas não pode, segundo nosso ponto de vista, decorrer de simples observações de fenômenos ou dados acumulados. Conforme lembra Gagné⁵⁸: "A resolução de um problema sempre depende de uma experiência prévia ou, mais especificamente, da evocação de princípios já aprendidos".

Assim, conforme tivemos a oportunidade de analisar, aparentemente existe um consenso do papel da experiência em ciência. Procurar traduzir o envolvimento do cientista numa investigação, num modelo pedagógico de ensino, consiste numa proposição que, até nossos presentes estudos não é válida e, aparentemente, bastante distante da realidade.

Rogers⁵⁹ destaca que:

"Um aluno pode aprender "fatos" de física, de um pequeno detalhe para uma lei geral, muito confortavelmente num laboratório - mas muito lentamente, testes revelaram que informação é adquirida mais rapidamente e melhor em classe ou pela leitura".

Temos que pesquisar métodos alternativos para o ensino experimental se o objetivo básico é transmitir a coleção de fatos acumulados nos últimos séculos pela ciência. Realizar experimento, desconhecendo uma teoria constitui um mito, ligado muitas vezes ao chamado Método Científico que discutiremos a seguir. O que na realidade frequentemente ocorre é que, ao pretender-se desenvolver um determinado tópico ou assunto, utiliza-se de alguns experimentos como pretexto, acompanhados ou não dos manuais de laboratório (ou permite-se que o aluno localize os textos que contenham as informações relevantes para a realização das atividades experimen-

tais programadas). Conforme já vimos, dentro de uma visão epistemológica, o próprio termo experiência exige condições antecedentes necessárias para se colocar O QUE? queremos.

MÉTODOS CIENTÍFICO E METODOLOGIA DE ENSINO

Conforme já destacamos, e muito bem lembra Oliveira⁶⁰, uma das razões frequentemente aduzidas em favor do uso do laboratório de ensino está:

"A coleta e análise de dados levam o aluno a uma maior participação na investigação e lhe permite familiarizar-se com o método científico".

Vamos analisar mais de perto esta colocação que frequentemente se associa com a proposta analisada na seção anterior - ensinar física - e que implica, conforme teremos a oportunidade de observar na seção seguinte, com a formação científica do aluno. Por outro lado, tal colocação é hoje entendida mais como uma metodologia ou tecnologia educacional, conforme pudemos observar.

Falamos frequentemente, em todos os níveis de ensino, na arte de ensinar. Muitos defendem a existência, hoje em bases seguras, de Tecnologias do Ensino. Entretanto, constata-se a inexistência de um consenso com relação a validade dos métodos educacionais em todos os níveis de ensino e particularmente com relação ao ensino superior. É tão crítico este aspecto no que tange ao ensino superior que conforme lembra Mackenzie et al.¹:

"É bem verdade que, para a maioria dos professores do ensino superior, o emprego de qualquer outro meio que não o giz, a palavra e o livro é considerado como algo especial, ou mesmo como uma novidade".

A despeito de uma enorme inércia no ensino universitário, mister se faz destacar, tentativas inovadoras tais como: o Método Keller, o estudo por contrato, a utilização da dinâmica de grupo e outros mais. Entretanto, não se tem utilizado sistematicamente de uma metodologia ou tecnologia educacional em nossos cursos superiores. Ademais as tentativas de introdução de métodos renovadores, não tem tido o efeito esperado pelos seus introdutores. Passado um tempo de euforia e entusiasmo de seus defensores, obser-

va-se um retorno às antigas formas de instrução. Entretanto, deve-se destacar que este fato nem sempre significa um retrocesso, uma vez que das experiências frequentemente se incorporam elementos novos aos recursos já existentes à disposição do professor para melhorar a instrução.

Uma primeira colocação merece ser feita: existe uma metodologia própria para cada grau de ensino (1º, 2º ou 3º)? Qualquer que seja a resposta, uma vez que hoje não se observa nenhuma linha definida, impõe-se pesquisar soluções alternativas.

No que diz respeito às atividades experimentais, a situação é bastante confusa: na ausência de qualquer modelo válido, qualquer proposição tem sido considerada válida.

Todavia, nas três últimas décadas, tem recebido destaque crescente a tentativa do Laboratório Didático iniciar ou familiarizar o aluno com o chamado método científico, elaborado, em grande parte, graças ao gênio de Galileo (Sciacca⁶¹).

Na verdade, na ausência de uma metodologia de ensino, muitos cientistas e educadores, pretenderam retornar às origens da formação da ciência e utilizar um método seguro que possa conduzir o aluno pelas sendas do saber. Algumas ponderações merecem ser colocadas:

O chamado método científico corresponde ao processo instrucional destinado a aprendizagem? O paradigma da investigação científica corresponde ao do ensino?

Existe realmente um método científico? Como age um cientista em suas descobertas? Não há consenso, na forma como as descobertas são feitas e muito menos na forma de como ensinar a um estudante, até o presente momento.

Portanto, observa-se o intento de reduzir o chamado método científico a uma pedagogia de ensino. Nagel⁵⁵ faz interessantes considerações sobre o assunto.

Transportado para a educação, o método científico converteu-se numa técnica de ensino, e pretende-se que o aluno ao utilizá-la estará agindo como o cientista que descobriu ou descobre as chamadas leis ou princípios ou relações no campo de física, o que de maneira alguma, em nossas investigações encontramos elementos que nos conduzem a esta conclusão. Caso este seja um dos objetivos a serem atingidos pelo Laboratório Didático, acreditamos que será necessário muita investigação nesta direção.

Apesar de aparentes semelhanças entre o processo de investigação e descobertas com o de ensino para a descoberta, observa-se pontos profundamente divergentes. O cientista encontra-se

normalmente envolvido num processo de investigação numa área de sua competência, projeta ou escolhe os instrumentais necessários, seleciona variáveis e ampara-se em teorias ou pressupostos; é então capaz de fazer previsões de resultados e ampliar o campo de conhecimento de sua área. Transportado para o ensino, a situação não é obviamente a mesma. Exemplificaremos por ora, apenas com o fato do aluno, normalmente, não escolher problema, na melhor das hipóteses, este lhe será sugerido. Ressaltamos ser aparente e ilusório que este fato possa motivar intrinsecamente o estudante da mesma forma que o cientista se vê envolvido. Por outro lado, não existe também a escolha dos instrumentais necessários para o aluno, e no geral, ele não dispõe de bagagem teórica necessária para "ver" o problema, como um cientista. É uma situação artificial, conforme destacamos na seção anterior.

O OBSERVAR, o QUESTIONAR e PESQUISAR o POR QUÊ? presentes numa genuína investigação científica, quando transformado numa metodologia de ensino peca pela base: não é, no geral, um problema que preocupa o estudante. Peca pelo processo: o aluno nem sempre dispõe de visão teórica e instrumental dos recursos necessários para intervir, a partir de uma previsão ou antecipação de resultados. Finalmente, peca pelos resultados obtidos. O que ocorrerá se um aluno encontrar uma relação distinta da Lei de Ohm, para condutores que se comportam de acordo com conhecida expressão? Revoga-se a Lei ou sugere-se que o aluno refaça seu experimento?

Acreditamos, conforme teremos oportunidade de discutir, que possamos transmitir informações do conhecimento já acumulado, mas ensinar a proceder da mesma forma que um cientista, exige que o estudante participe dos processos de investigação, discussões, etc., naquelas em que um cientista está envolvido.

O cientista procura ampliar nosso campo de conhecimento e, para tanto, utiliza-se do método científico. Nosso ponto de vista é que o aprendizado nos parece de competência de métodos instrucionais, pesquisados nos laboratórios de aprendizagens, que, necessariamente, procurarão informar o educador das limitações e potencialidades que poderão ser detectadas no aprendiz e quais os meios mais eficientes para o aluno adquirir determinados conteúdos científicos. Estamos pesquisando as origens das proposições no método científico no campo do ensino e suas implicações com relação à aprendizagem.

Acreditamos que introduzir o estudante na aplicação do método científico, significa introduzi-lo no processo de investigação.

A atribuição desta responsabilidade de introdução do aluno no método científico, vai encontrar fundamentação, possivelmente em Newton, conforme destaca Popper⁶²:

"Newton afirmava que havia tomado seus princípios funcionais da experiência, por indução. Em outras palavras, Newton afirmava que era possível derivar logicamente a verdade de sua teoria da verdade de certos enunciados da observação".

Transladado para o momento pedagógico, temos situações verdadeiramente singulares: "uma vela acesa é posta defronte a grupos de alunos, para que os mesmos listem suas observações enquanto a mesma se consome". Ouvimos depoimentos de professores extasiados com a quantidade de detalhes detectados por seus alunos (53 de uns contra 12 de outros)... É a primeira fase do método científico...

O método científico, elevado à categoria de metodologia de ensino experimental, foi em grande parte ativado pelos grandes projetos de ensino americano, como o ensino PSSC, CBA, CHEM Study, IPS e outros mais.

Acreditamos que devemos desenvolver mais investigações para concluir acerca da adequação deste intento, para que o Laboratório Didático possa ter um papel central para o ensino de ciências. Conforme já tivemos oportunidade de analisar na seção anterior, aparentemente este intento dificilmente resiste a uma confrontação com a realidade educacional que vivenciamos.

Assim quando pretendemos dar uma adequada formação científica a um estudante de Física, deparamos com a problemática ligada as formas de atuação. Este aspecto, como propiciar a um aluno de Física uma certa formação científica, acreditamos que não será nos atuais Laboratórios Didáticos, embora estes possam contribuir, não através da utilização do que podemos chamar de técnica de utilização do método científico, mas através da vivência dos mesmos nos ambientes de investigação. Assunto que abordaremos na seção seguinte.

O PROBLEMA DA FORMAÇÃO CIENTÍFICA

Uma questão constantemente colocada refere-se ao problema da formação científica do futuro físico e, para tanto, pretende-se através do Laboratório Didático colaborar com a iniciação ci

entífica do estudante. Assim, o trabalho experimental do aluno, nos Laboratórios Didáticos, é frequentemente comparado com o desenvolvido em nossos laboratórios de investigação. Neste sentido, acreditamos ser necessário um estudo mais aprofundado, acerca desta pre ten são.

Vamos iniciar esta discussão com a questão: como pre parar um Físico? Vamos lembrar aqui as colocações de Schemberg⁶³:

"... ninguém adquire conhecimentos profundos em Física, sem fazer pesquisa de Física Pura. Aliás, quem trabalhou em Física sabe que só se conhece bem mesmo aqueles ramos em que fez pesquisas. Sobre os ramos que só estudou em cursos, mesmo fazendo exercícios, possui apenas tinturas. Temos de fazer pesquisa, para poder ir além do nível de mera erudição, no fundo uma coisa livresca. Temos de superar o velho tipo de professor universitário brasileiro, que estuda va em livros, mas como não fazia pesquisa, só podia ministrar ensi no livresco, portanto, de baixo nível".

Assim, a resposta colocada de como se forma um físi co, pode ser depreendida da proposição de Schemberg: Fazendo Físi- ca.

Acredita-se que o objetivo geral de um curso, como o de Física, consiste em se propiciar aos estudantes um ensino objetivando fornecer aos mesmos uma boa formação cultural, científi ca e humana (Pimentel e Lanz⁶⁴).

Com relação a estas metas educacionais, no que diz respeito aos cursos de licenciatura e bacharelado do IFUSP, podemos destacar os aspectos básicos da formação cultural e científica, dis cutidos a seguir.

Quando analisamos os cursos quanto a objetivos e pro gramação, observa-se o intento em se dar uma formação básica com re lação aos conhecimentos já consolidados. Pretende-se fornecer fer ramentas aos estudantes visando o domínio, do que podemos definir de "Cultural".

Um aluno que concluir com êxito a programação esta belecida, poderia, conforme os pressupostos, estar em condições de prosseguir seus estudos, nos chamados cursos de Pós-Graduação para os bacharelados e em condições de lecionar nos 1º e 2º graus, para os licenciados.

A conclusão de graduação em Física habilita o bacha relando a ingressar nos cursos de Pós-Graduação e neste caso adqui rir uma "formação científica".

Observa-se um consenso no que diz respeito aos cur sos de graduação, os quais não são de "per si" suficientes para a formação de profissionais com uma cultura "científica", ou sejam, capazes de "fazer ciência". Neste sentido, mister se faz uma sól ida orientação, qualquer que seja o campo do conhecimento ou pesqui sa que se propõe. Desta forma, podemos observar que se um aluno re gular somente passa pelos cursos de graduação, a menos que seja ad mitido em algum grupo de pesquisa, através de qualquer processo (sen do o mais comum a chamada iniciação científica), êle poderá concluir o seu curso, sem ter sequer vivenciado um processo que lhe permita, em algum campo, uma certa formação científica. Relembrando as pa lavras de Schemberg, acrescentamos a colocação de Baez⁶⁵:

"I said earlier that, to learn to play baseball, or even to understand why people play baseball, you have to handle a baseball and a bat. In a similar way, to learn about physics, you will have to get into the laboratory and handle some of the physicist's tools".

Desta forma, se para ser é preciso fazer, podemos co locar que, para se formar um físico, com uma formação científica a dequada, é imprescindível que o aluno seja colocado em contato com os físicos ou grupos de físicos que estejam fazendo física e não somente com as informações factuais ou estruturadas sobre física. A cultura sobre física um aluno pode adquirir em classe, nas dis cussões, leituras, seminários, revistas, jornais, filmes, laborató rios didáticos, exercícios, etc.. Mas a formação científica, a me nos que formas inusitadas sejam postas em prática, é basicamente ar tesanal.

Pode-se objetar que o bacharelado não é um curso ter minal ou conforme lembra Fleming⁶⁶: "o bacharelado é, presentemen te, a preparação para a pesquisa, ou melhor, parte dela". E pros segue:

"A finalidade principal do bacharelado em Física é formar pesquisa dores, isto é, pessoas orientadas para o trabalho de pesquisa e de envolvimento no campo da Ciência, da Tecnologia ou quaisquer outro em que possa ser útil a formação em Física".

Entretanto, a impressão recolhida em inúmeros con claves nacionais não nos permite retirar conclusões muito satisfatórias com relação aos nossos cursos de bacharelado em Física, em todo o Brasil.

A criação dos cursos de Pós-Graduação pode parecer uma solução adequada para a iniciação do estudante no campo da pesquisa, o que é frequentemente questionado; posterga-se, de forma insatisfatória, a participação do aluno numa atividade científica que seja de seu interesse, gerando expectativas, insatisfações e frustrações de toda espécie e não propiciando a ele um amadurecimento em ambientes apropriados.

Impõe-se pesquisar medidas alternativas para corrigir estas distorções. O Laboratório Didático não está em condições de fornecer uma formação científica desejável, nem acreditamos que a maioria de nossos físicos possam concordar com isto, embora, certas vezes, algumas colocações nesta direção sejam feitas, conforme coloca Rogers⁵⁹:

"When you come to the lab, make yourself "a scientist for a day", and you will gain understanding that will outlast all information".

Corroborando esta interpretação, temos, como um dos objetivos para Laboratório, o proposto por Bernard⁶⁷:

"to acquire training in scientific methods of observation and recording of data".

Nosso ponto de vista, conforme já destacamos, considera que a formação científica, ou treinamento em ciência, deve ser integrado no processo de desenvolvimento da própria pesquisa, não em "simulações" que acabam por gerar os inevitáveis mecanismos de rejeições. Neste sentido, é sempre oportuno lembrar Bruner⁶⁸:

"O que um cientista faz à sua mesa, ou em seu laboratório, o que um crítico literário faz ao ler um poema, são da mesma ordem do que o que qualquer um fará quando empenhado em atividade semelhante - se pretende chegar a compreender. A diferença é de grau, não de natureza. Ao estudar física, o aluno é um físico; e é mais fácil aprender física comportando-se como um físico, do que fazendo qualquer outra coisa. Esta "qualquer outra coisa" corresponde, comumente, à tarefa de dominar aquilo que, em Woods Hole, se chamou de "meia-língua" - discussões em classe e compêndios em que se fala de conclusões em um campo de investigação intelectual, ao invés de concentrar-se na própria investigação. Assim encarada, a física na escola secundária, frequentemente muito pouco se parece com física;..."

Cada disciplina ou atividade que integra um currículo de Física deve contribuir para formação cultural de um Físico e é dentro deste

contexto que o Laboratório Didático se situa. Sua contribuição, conforme veremos adiante pode ser significativa, caso sua concepção se harmonize com as demais disciplinas do curso. Em nosso país, o isolamento entre as disciplinas, que integram um currículo, tem impedido uma discussão profunda acerca do papel ou contribuição que cada um pode dar. Frequentemente os objetivos de um curso resumem-se numa lista de tópicos que serão desenvolvidos em sala de aula. As alterações mais significativas que normalmente se observam consistem na alteração dos textos adotados ou nos tópicos a serem tratados. É a rotina de nossas reuniões iniciais: estabelecer ou adotar o livro texto; elaborar os exercícios (listas); calendário de provas; provas substitutas; etc.. O sucesso ou insucesso de um curso é medido quase que exclusivamente pelo percentual de promoção.

Indiscutivelmente observa-se uma preocupação constante no sentido do aprimoramento dos atuais cursos que são normalmente ministrados. Entretanto, devemos reconhecer que perdura um ceticismo e ausência de diretrizes seguras a serem trilhadas.

No que diz respeito, entretanto, a formação científica, o IFUSP dispõe indiscutivelmente de grupos de pesquisadores, laboratórios de pesquisa, capazes de darem uma iniciação científica adequada aos alunos que nele ingressam. Hoje, aspirações e interesses dos alunos pelos problemas da física acabam por esbarrar nos intermináveis cursos onde essas aspirações representam apenas promessas. Romper com esta rotina, tratar o estudante de forma adulta, democratizar o acesso de estudantes no SABER e não apenas o conhecer factual, corresponde a um imperativo inadiável.

As formas de preparação do estudante para uma vivência mais profunda em uma instituição não são novas (orientação, tutoriamento, iniciação científica, bolsas de estudo, monitores, etc.). Mas os atuais e antigos processos de seleção por notas não garantem que alunos que não obtiveram êxitos momentâneos em certos cursos não tenham possibilidades de se darem bem em problemas concretos de investigação. Os alunos que puderem contar com uma sólida orientação, desde seu ingresso numa Instituição, é, a nosso ver, muito mais do que promessa.

Nossas investigações se orientam nesta direção e estamos presentemente acompanhando a evolução de estudantes que, desde o 1º ano de ingresso no IFUSP, estão recebendo o que caracterizamos como uma iniciação, dando-lhes uma ampla participação em inúmeras atividades ligadas ao ensino experimental. O envolvimento de estudantes nestas atividades, bem como a orientação recebida em outros grupos de pesquisa, tem-se revelado bastante animador, como for

ma alternativa de complementar a formação cultural e científica de les.

É óbvio que dentro das atuais estruturas de ensino, cada disciplina pode colaborar no sentido de levantar problemas novos e despertar a atenção dos estudantes através da investigação, mas faltará sempre uma conclusão satisfatória. Mas não faltam iniciativas no sentido de se desenvolver as habilidades de pesquisa em bacharéis de Física, conforme destaca as conclusões de Ferreira⁶⁹:

"Apesar das falhas havidas, os resultados desta experiência apontam um caminho bastante promissor para a formação de habilidades de pesquisa em bacharéis de Física: a resolução de problemas complexos"... "Esse trabalho com problemas complexos, levado a efeito como um apêndice de uma disciplina, poderia ser transformado em um curso regular do currículo de bacharelado".

Caso as conclusões acima, que se chocam com as anteriormente colocadas, sejam válidas, caminhos mais simples poderiam ser tentados, em salas de aulas, para a formação do pesquisador, embora o próprio autor admita:

"A nossa experiência teve muitas falhas. A principal delas deveu-se à falta de clareza aos objetivos do próprio trabalho..."

Segundo nossa ótica, a proposição básica não seria diferente de se dar um curso de natação por correspondência...

Desta forma, nossas investigações se dirigem no sentido de agilizar formas possíveis e reais de uma verdadeira iniciação científica de nossos estudantes. É lento o processo de formação de qualquer profissional nos mais distintos ramos do saber. Entretanto, conforme destaca Salmeron⁷⁰ com relação ao ensino italiano:

"Como se pode formar físicos de alto nível com um secundário ruim? Resposta: o ambiente científico. Na universidade, o contato com gente que faz pesquisa, torna o jovem aberto, através do ambiente, muitas vezes informal, das discussões de cafezinho. Quando se forma, ele não tem mestrado ou doutoramento, entra no grupo de pesquisa de alto nível, e em pouco tempo se transforma num pesquisador".

Assim, podemos concluir que um Laboratório Didático, ao lado das demais disciplinas do curso, pode contribuir com uma adequada formação cultural de nossos estudantes, mas a formação de profissionais com uma adequada concepção de ciência, seus métodos

e processos de investigação, é tarefa direta e insubstituível de profissionais em seus ambientes de trabalho, através de frutíferas orientações, discussões e questionamentos. Mister se faz melhorar nosso conhecimento neste sentido.

Estudos da Unesco⁷¹ realizados para melhor se conhecer o ensino de física nas universidades de seis países: Estados Unidos, Reino Unido, URSS, França, Checoslováquia e Alemanha Ocidental, entre outras tendências, destacam:

"On constate aussi un vif désir d'associer plus étroitement de la physique à la recherche - tant en introduisant plus vite des éléments nouveaux dans les cours de physique des universités qu'en permettant aux étudiants de participer plus tôt à la recherche".

A EVOLUÇÃO DO ENSINO EXPERIMENTAL.

Vamos fazer um rápido retrospecto do desenvolvimento histórico do ensino experimental, para podermos melhor compreender nossa atual realidade.

Com raras exceções, até o século passado e início do atual, as experiências eram realizadas basicamente nas escolas (Ginásios, Liceus, Cursos de Engenharia, Medicina, etc.), e na maioria das vezes, predominavam as demonstrações feitas pelos mestres defronte a seus alunos. A História da Ciência registra que a descoberta de que realmente existe uma força entre uma carga em movimento e um ímã foi feita acidentalmente em 1820 por Hans Christian Oersted, conforme cita Orear⁷², durante uma aula de demonstração:

"No final de uma aula sobre o assunto, tentou demonstrar a ausência de relação entre a eletricidade e magnetismo, ligando uma corrente nas vizinhanças de uma agulha magnetizada. Segundo as palavras de um de seus alunos: "Ele ficou bastante surpreso e perplexo vendo a agulha descrever uma grande oscilação".

Exceções são registradas pela atividade de curiosos e amadores em suas casas projetando aparelhos e fazendo observações e, muitas vezes descobertas importantes.

O ensino experimental foi, em sua primeira fase, basicamente demonstrativo, evoluindo posteriormente para uma intensa participação dos alunos em todas as fases desse ensino. Nos primórdios do ensino experimental, destaca-se principalmente, a dificult-

dade de confecções dos aparatos o que obrigava muitas vezes o pesquisador a transformar-se num autêntico artesão.

Muitos dos experimentos que hoje, com certo refinamento instrumental, oferecemos em nosso curso superior, eram já realizados nos liceus europeus e similares americanos, desde o início deste século. O ensino experimental em nosso país, conforme destaca Motoyama⁷³, graças a tradição livresca e a ausência de um substrato tecnológico-científico, determinará quase que completamente sua inexistência entre nós, enquanto na Europa e Estados Unidos, no geral ele já se desdobrava em atividades rotineiras.

Analisando uma curiosa obra "La Physique Sans Appareils" de Gaston Tissandier⁷⁴ (1803), encontramos em seu interessante prefácio considerações que nos levam a crer que, aparentemente, a divulgação científica, através de experimentos, estava nascendo. Tratava-se de um conjunto de experimentos simples, muitos dos quais ainda hoje ilustram nossos manuais de ensino sobre variados assuntos: densidade, centro de gravidade, ótica, termologia, etc.. Esse texto demonstra de certa forma uma preocupação com a parte experimental no ensino elementar e em atingir outros setores que não a penas os escolares. Sua evolução seria constante. Hoje um aluno tendo recursos financeiros pode dispor de instrumentos os mais variados (microscópios, medidores elétricos e mecânicos, reagentes, etc.), os quais, ainda hoje, frequentemente inexistem na maioria de nossas escolas de 1ª e 2ª graus.

Do curioso diálogo entre Heisenberg, então com dezoito anos e Sommerfeld, ocorrido por ocasião de sua entrevista como pretendente ao curso de Física, na Escola de Sommerfeld, Universidade de Munique, pudemos depreender que um Liceu deveria propiciar atividades experimentais, pelo menos na Alemanha e aparentemente permitindo uma participação do aluno na atividade de experimentar e construir coisas. Evidentemente a existência de ambientes e locais de investigação determinaram um ensino com características e feições bastante diversas dos existentes em países nos quais estas atividades inexistiam, como era o caso do Brasil na mesma época, conforme destaca Motoyama⁷³:

"A institucionalização da pesquisa física no Brasil inicia-se na década de 30".

Por outro lado, nos primórdios dos cursos de Física os laboratórios não apresentavam a atual estruturação diferenciada entre ensino e pesquisa. Os aprendizados da ciência e da técnica

eram atividades não separadas da própria investigação.

Com o desenvolvimento científico e tecnológico, os grandes laboratórios de pesquisa passaram a utilizar cada vez mais os mais sofisticados aparelhos, nos mais variados campos de pesquisa, exigindo por parte dos pesquisadores domínios de complexos instrumentais e longos períodos de aprendizagem para sua utilização.

Por outro lado, distanciou-se cada vez mais o contato do aluno, durante o curso, com os grupos de pesquisa, restando, talvez devido a denominação histórica de Física Geral e Experimental, a manipulação de instrumentos de medidas e alguns aparelhos desativados da linha de frente da investigação, passando a integrar os chamados laboratórios didáticos. A sociedade de consumo passou a produzir e colocar ao alcance de muitos, diversos aparelhos, inicialmente privativos da indústria e pesquisa: multímetros, osciloscópios, microscópios, etc..

Muitas das experiências oferecidas há mais de 50 anos nos liceus europeus e similares norte-americanos, são apresentadas, com outras roupagens, em nossas atuais universidades... Mas em muitas de nossas universidades, observa-se a existência dos mais modernos equipamentos (geralmente importados), integrando nossos laboratórios de investigação...

Assim, com o desenvolvimento científico e tecnológico, constata-se que os atuais laboratórios de investigação de hoje estão para os Laboratórios Didáticos, assim como um aparelho de Raios-X está para o espelho, um aparelho de laser está para uma vela.

A grande diversificação entre a pesquisa e os Laboratórios Didáticos não foi acompanhada por uma nova concepção do papel do aluno. Este, cercado por estímulos de toda espécie, num mundo em transformação e movimento, na era das comunicações, do computador, etc., levado para um Laboratório de uma Universidade e convidado a estudar a queda livre e determinar o valor da aceleração de gravidade local, pode reagir com perplexidade e não raro, com indignação!

Divulgações diversas apregoam a existência dos mais interessantes campos: física nuclear, estado sólido, astrofísica, plasma, cristalografia, energia solar, biofísica, etc., enfim proclamam situações com as quais o estudante um dia sonhou e ao adentrar no recinto de um laboratório, depara com quixotescas ou exóticas situações. O próprio termo, pomposo - EXPERIÊNCIA - deveria ser reconsiderado, uma vez que estamos oferecendo, na realidade, rotineiras atividades experimentais.

Na maioria de nossas atividades experimentais em nos Laboratórios Didáticos, o estudante irá se deparar com situações que poderiam melhor ser caracterizadas pelo nome de EXERCÍCIOS EXPERIMENTAIS. Através delas ele irá travar contato e manipular o que deveríamos chamar de INSTRUMENTAÇÃO DE ENSINO, a partir da qual terá a oportunidade de concretizar modelos teóricos, realizar algumas observações, cálculos, previsões e comparar os resultados obtidos com os esperados. Situação bastante similar, é aquela em que o aluno, após estudar capítulos de teoria recebe uma série de exercícios visando a sedimentação dos conhecimentos adquiridos. Torna-se óbvio que um exercício, assim como um experimento, para muitos alunos, pode se constituir numa situação problema ou num desafio e sua resolução implica numa série de atividades importantes. Mas, nem sempre deparamos com tais situações, quer em teoria, quer nos Laboratórios Didáticos.

Não estamos minimizando a importância das atividades experimentais num curso de Física, mas sim procurando situá-la dentro de um contexto educacional onde se possa tirar o máximo proveito para o ensino. Não é, como pode aparentar, uma simples questão de definição, mas sim uma conceituação, dentro da qual se possa definir melhor os objetivos das atividades experimentais. Tendo como base essa conceituação, iremos pesquisar modelos ou alternativas, de forma mais realista, conforme teremos a oportunidade de discutir mais adiante.

Conforme se pode depreender da posição de Melissinos⁷⁵, cuja obra citada destina-se a estudante em final de curso e mesmo para Pós-Graduandos, seu intento é de colaborar com a formação científica de futuros físicos experimentais através da utilização de modernas técnicas e equipamentos de pesquisa; além do mais, este laboratório proposto deve se sobrepor a um laboratório de exercícios...

Num curso básico, em nosso país, não iniciamos o estudante quer em técnicas, quer em métodos utilizados nos vários campos de pesquisa. A modernização instrumental de um laboratório objetiva no geral obter-se melhores resultados ou facilitar o trabalho do aluno ("Air Track", para se eliminar ou diminuir o atrito, fiascador para estudar queda livre, osciloscópio para estudo de ressonância, laser para estudo de interferência, etc.). Obviamente, entendemos e destacamos a importância da manipulação destes novos instrumentais, mas ressaltando que no geral, oferece-se ao aluno uma oportunidade de realizar tarefas e exercícios experimentais.

O ensino experimental em nosso país não passou evidentemente pelas mesmas fases verificadas nos países desenvolvidos. Já destacamos sua precariedade ou mesmo inexistência no ensino de 1ª e 2ª graus. Com relação ao ensino de física nos cursos universitários, destacamos as escolas de Engenharia; estas sempre dispuseram de alguns instrumentais, em sua maioria importados, para o desenvolvimento da parte experimental. Não obstante precária, sua importância foi inquestionável. A própria pesquisa física em nosso país terá suas origens nas escolas de Engenharia.

Com relação ao curso de Física da Universidade de São Paulo, criado juntamente com a fundação desta universidade, o ensino experimental em sua fase inicial era ministrado na Escola Politécnica. A feição do laboratório, como atualmente o conhecemos é de origem praticamente recente e deveu-se principalmente à dedicação de alguns professores, responsáveis pela projeção de grande parte dos aparelhos utilizados de 1954 até 1970, quando após a implantação dos cursos básicos, estes e conseqüentemente os Laboratórios Didáticos das diversas escolas e institutos da USP foram unificados.

A implantação do Laboratório Didático do Instituto de Física, no que diz respeito à mecânica, ótica e calorimetria foram em parte inspirados na obra de Drigo-Allocco⁷⁶ e Perucca⁷⁷ entre outros. Os experimentos projetados, entretanto, não se apoiavam em propostas educacionais, mas eram confeccionados, muitos deles, dentro de nossas oficinas de pesquisa, nas oportunidades em que os técnicos dos laboratórios de pesquisa podiam dedicar alguma atenção ao Laboratório Didático. Aliados a compra de outros instrumentais e aos já existentes, foi possível projetar-se uma estrutura de laboratório que serviu de modelo para muitas instituições de nível superior em nosso país.

Foi uma formidável tarefa no sentido de dotar nossa instituição de infra-estrutura experimental até então precária, apesar de todo esforço dirigido esbarrar-se, frequentemente, com os poucos recursos que então se dispunha.

A partir da última década, foram muitas as alterações que o Laboratório Didático do IFUSP iria sofrer. Quanto ao instrumental utilizado novas importações feitas além de parte da produção dos equipamentos em nossas próprias oficinas. As preocupações eram não somente nas melhorias dos aparelhos, mas também no estudo de novas propostas para o ensino. Com o objetivo de melhorar o nível motivacional dos alunos foram projetadas para o 1º ano experiências com contador Geiger de decaimentos radioativos. Modelos alternativos de laboratórios são tentados, melhoram-se instruções

de laboratório, criam-se a Prateleira de Demonstrações²¹, entre outras atividades.

Em 1978, iniciamos uma série de reformulações, visando, dentro de uma proposta objetiva, propor um modelo alternativo para as atividades experimentais que passaremos a descrever, discutir e analisar na próxima seção.

Até 1970, um estudante do curso de Física dispunha de uma carga horária substancial para suas atividades experimentais associadas à disciplina de Física Geral e Experimental, não inferior a 4 horas semanais, reduzida, após aquela data, a 2 horas.

Até então no IFUSP, os laboratórios eram estruturados de forma mais aberta: as experiências permaneciam montadas nas bancadas durante certo período e os alunos circulavam pelas mesmas. Nem todos alunos realizavam simultaneamente as mesmas experiências, mas faziam rodízios.

O esquema montado, que vigorou basicamente, com algumas alterações, durante curtos períodos até 1978, previa a seguinte rotina: realização da experiência - relatório feito pelo aluno-nota. Uma prova, geralmente escrita, era feita ao final do curso.

Nossas análises preliminares, conforme já ressaltamos, parecem indicar que muitos dos objetivos habitualmente atribuídos aos laboratórios didáticos carecem de uma fundamentação mais rigorosa. Por outro lado, Oliveira⁶⁰ arrola alguns resultados acerca das investigações já realizadas sobre o laboratório de ensino, dos quais destaca: a) estudos empíricos revelam diferenças não significativas entre grupos usando ou não laboratórios, com ou sem discussão na sala de aula; b) parece que, em termos de resultado de aprendizagem, o laboratório poderia ser um elemento essencial; c) é possível que para alguns estudantes o laboratório seja mais adequado, conquanto para outros é possível que ele seja visto como um meio de atrasar mais aprendizagem de novos conceitos e teorias; d) não há evidências - mas é plausível admitir - que o laboratório traz substanciais efeitos em termos de atitude, além de naturalmente, habilidades típicas de laboratório.

Esses resultados, aliados às reflexões e análises feitas ao longo deste trabalho, parecem confirmar o que já antecipamos: a necessidade de intensas investigações no campo do ensino experimental, a fim de que possamos, de forma segura, desenvolver ou estabelecer procedimentos empíricos ou não, no sentido de conhecermos, em profundidade, o papel do Laboratório Didático, sua importância e limitações.

Com a consciência dos que se aventuram no campo das possibilidades, passaremos a discutir os modelos de laboratórios, objeto de nossa investigações presentes.

III. PROPOSTA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Em nosso caso, a chamada situação referente⁷⁸, projetada para as atividades experimentais levaram em conta aspectos básicos como: a) os próprios cursos de Física que se desenvolvem paralelamente ou não - neste caso, fenômenos estudados nos laboratórios podem contribuir para reforçar a compreensão de inúmeros aspectos dos mesmos bem como as limitações dos modelos; b) muitos de nossos estudantes irão se dedicar a tarefas complexas, tais como: pesquisa, magistério, indústria, entre outras e, neste sentido, o Laboratório Didático pode contribuir para sua formação profissional.

Outra consideração básica que se torna necessário ressaltar é de que nossos estudos nos levaram a considerar o atual Laboratório Didático, como um local onde o aluno pode realizar o que chamamos de EXERCÍCIOS EXPERIMENTAIS, manipulando o que já denominamos de uma INSTRUMENTAÇÃO DE ENSINO.

Assim, o importante a ser destacado é o fato de que como qualquer atividade em que envolve exercícios (resolução de problemas, domínios de técnicas, etc.), manipulações experimentais em torno de um amplo espectro de situações poderão favorecer e melhorar o desempenho de nosso estudante, não somente no desenvolver do curso, como em suas futuras atividades. Neste sentido, consideramos importante o aumento de experimentos que são tradicionalmente oferecidos.

Finalmente, dentro destas colocações, consideramos, igualmente importante destacar em que contexto ou situações de ensino, as atividades experimentais serão desenvolvidas, e quais as implicações que cada uma das atividades projetadas devem ter. Neste sentido, destacamos as importantes conclusões de Yamamura⁷⁹ quando considera ser a sala de aula ou laboratório um sistema de ensino que, adequadamente estruturado, permite sua transformação num ambiente de estudo, discussões, atividades experimentais planejadas, desenvolvimento de projetos feitos pelos alunos, ou seja, um sistema aberto que permite uma otimização dos recursos existentes: pro-

fessor-aluno, materiais diversos, etc..

Nossa concepção de Laboratório Didático implica numa série de atividades, desenvolvidas tomando como base as considerações feitas no item anterior. Objetivamente, o aluno terá a oportunidade de:

- realizar observações controladas a fim de tornar concretos modelos teóricos;
- manipular instrumentos de medidas e reconhecer suas limitações e utilidades;
- obter, tratar e apresentar os resultados obtidos de forma adequada;
- saber pesquisar as fontes de informações necessárias para a realização de experimentos;
- projetar, realizar e descrever experimentos simples.

Num sentido mais amplo, como meta geral, objetiva-se através das atividades experimentais, uma contribuição efetiva, na parte formativa, para que nossos alunos estejam em condições de desempenhar suas tarefas de forma independente ou cooperativa.

Ressalta-se o aspecto de que um curso experimental apresenta uma dinâmica própria, não se constituindo, desta forma, uma simples ilustração dos fenômenos estudados nos cursos teóricos, embora muitas vezes ele poderá contribuir para isso.

O laboratório proporciona aos estudantes contacto com modelos que procuram reproduzir as condições reais existentes e pode objetivar a compreensão de fenômenos e, desse modo, tornar mais fácil a assimilação de muitos conceitos envolvidos, o que nem sempre é possível através de outros recursos instrucionais. Por outro lado, o conhecimento teórico do aluno pode possibilitar uma melhor compreensão de um dado fenômeno em estudo no laboratório, permitindo a ele que se aprofunde com mais segurança na análise da experiência ou em investigações paralelas.

Desta forma, as atividades do Laboratório de Física foram projetadas visando dar condições para que o aluno possa, ao longo do curso, realizar, na medida do possível, seu trabalho experimental de forma autônoma, tornando-se menos dependente da tutela do professor. Programar ou projetar experimentos simples, localizar as informações consideradas relevantes, improvisar recursos materiais, realizar de forma independente experimentos, utilizando-se de manuais ou guias, relatar os resultados obtidos ou expô-los serão os objetivos perseguidos pelo nosso curso experimental. Para tanto, é de importância que o aluno desenvolva no Laboratório e fo

ra dele a capacidade de observação, compreensão e análise de fenômenos. Assim é básico que o aluno se conscientize de que o laboratório não se restringe a salas com aparelhos existentes numa Universidade, o mundo que o cerca, com a riqueza de recursos, constitui um valioso laboratório - sem paredes e sem fronteiras.

Desta forma, tendo em vista nossos objetivos imediatos e nossa meta educacional, programamos as seguintes atividades básicas:

a) Experimentos Programados

Estes experimentos são realizados em nossos laboratórios com a supervisão de professores e com o suporte de Apostilas de Laboratórios, em horários pré-determinados. É previsto a confecção de relatórios individuais. A assistência do professor é básica para esta atividade. A interação professor-aluno durante a aula, ou fora dela é considerada importante e contribui, ela própria, para uma convivência na qual tanto o professor como o aluno tirarão grande proveito. Com algumas modificações, constitui, até certo ponto, as atividades que usualmente são exigidas dos alunos nos cursos experimentais.

Aparentemente este tipo de atividade, na qual observa-se uma intensa interação no tripé em que se apoia as atividades experimentais, professor-aluno e materiais instrucionais, tem revelado, em toda sua plenitude, a importância do professor como um insubstituível elemento catalizador das atividades experimentais e o próprio êxito das mesmas. Aparentemente, dentro das atividades práticas, um professor pode transmitir parte de seu saber e vivência neste setor e os alunos, de modo geral, ressoam ao interesse do mestre.

Até este ponto, conforme a literatura do campo da pesquisa educacional revela, nossas observações coincidem com resultados já sabidos: a experiência educacional que dispuser de professores competentes e interessados tem grande probabilidade de êxito, menos pelo resultado obtido e mais pelo empenho dos mestres. Em nosso caso, desde 1978 dispusemos de vários professores no curso os quais pelo interesse demonstrado pelos problemas educacionais no geral, deram importantes contribuições e, através de críticas construtivas, possibilitaram, em grande parte, que tivéssemos uma visão favorável para nossas propostas. Com o desenvolver dos cursos, aconselha-se aos professores atribuírem, cada vez mais, parcela de decisão aos alunos, no que diz respeito a condução dos experimentos programados. Nossa atenção se dirige no sentido de otimizar esta

atividade, objetivando uma programação equilibrada e capaz de despertar o interesse dos nossos alunos. Um aspecto que tem nos parecido motivador para o professor é a não repetição de experimentos, pelo menos em parte, de um ano para outro e, quando possível, introdução de experimentos novos para todos. Claro que isso pode ocorrer somente na medida em que acreditamos não existir uma coleção de experimentos que seja o ideal, conforme já colocamos anteriormente.

b) Seminário desenvolvido pelo Aluno

Observa-se que os cursos de laboratórios nem sempre dão ao aluno a oportunidade sistemática da discussão de seus procedimentos e resultados, bem como de uma análise crítica, comparativa, das conclusões dos diversos grupos que realizam os experimentos. Procuramos por isso dar uma dimensão a mais nas atividades experimentais, introduzindo no Laboratório de Física Básica, seminários apresentados pelos alunos.

Estes seminários objetivam um envolvimento maior do aluno nas atividades experimentais e mesmo dentro de seu próprio grupo de estudo. Uma interação maior entre os componentes do grupo, através de discussões objetivas, poderá favorecer um melhor desempenho tanto por parte do aluno como do professor.

Durante os primeiros minutos que antecedem a realização de um novo experimento, grupos de alunos, previamente escolhidos, apresentam e discutem os resultados obtidos da experiência anterior e para tal utilizam-se de painéis onde destacam seus aspectos principais. Os demais grupos também afixam painéis nos quais expõem seus resultados. Desta forma, cada aluno tem uma visão geral das demais conclusões e tem condições de participar de discussões a respeito da experiência, uma vez que já a realizou, estudou, sentiu suas dificuldades e limitações. O professor participa das discussões, orientando-as quando necessário.

Os seminários foram introduzidos em 1978 de forma sistemática, para os cursos de Laboratório de Física 2, destinados a cerca de 600 alunos dos cursos de Química, Física, Meteorologia e Matemática. A experiência teve prosseguimento em 1979 e durante o 1º e 2º semestre de 1980, e foi estendida para os cursos de Física 3 e 4 em 1981 sendo que resultados preliminares dessa atividade, iniciada em 1978, já foram comunicados²⁸.

Esta atividade projetada para se dar uma consequência social ou grupal aos experimentos programados tem revelado a importância de se abrir espaços para a discussão dos alunos acerca

dos experimentos realizados, resultados e métodos utilizados. Entendemos ser importante, desde o início do curso, iniciar o aluno na habilidade de se comunicar com seus colegas e participar de forma cooperativa das discussões que possam surgir em torno de um assunto. Aparentemente esta atividade, que pode ser utilizada em qualquer curso, tem-se constituído num importante elemento integrador e necessária para a formação de nossos alunos. Em qualquer campo em que o futuro profissional irá se dedicar, o comunicar fatos, resultados ou mesmo aulas, sempre poderão estar presentes. Estamos analisando o desempenho de alunos nos seminários e procurando sempre estimular os alunos nesta atividade. Esta atividade rompe com a rotina: experiência-relatório-e acrescenta entre eles: o seminário.

c) Laboratório Circulante

A exemplo das bibliotecas circulantes, já definitivamente integradas em nosso contexto cultural, um Laboratório Circulante corresponde a um conjunto de materiais, arrumados em "Kits" e destinados a realização de experimentos fora do recinto da escola. O aluno poderá dispor do material durante um certo período, restituindo-o após sua utilização. Constitui atividade complementar aos cursos de laboratório tradicionais. Tem como característica a simplicidade e pode ser realizado com material de baixo custo (uma condição não necessária). Desenvolvemos vários conjuntos versando sobre fenômenos básicos (p. ex. ressonância) e outros sobre aplicações (p. ex. coletor solar).

Procuramos incorporar aos nossos atuais laboratórios a riqueza de materiais e objetos facilmente obtidos e transformá-los em úteis instrumentos, através dos quais os estudantes possam realizar experimentos e observações sem a pressão dos rígidos horários e locais. É uma proposta para se enriquecer o repertório de nossos estudantes; uma alternativa para as escolas que não dispõem de grandes recursos financeiros para o ensino experimental; é uma oportunidade de se pesquisar novos instrumentos e experimentos que possam enriquecer os laboratórios tradicionais. Consiste numa nova e praticamente inexplorada dimensão para o ensino experimental em nosso país. É nosso pressuposto que o estudante, convenientemente orientado e estimulado, possa tirar proveito deste tipo de atividade que possivelmente contribui para o desenvolvimento da iniciativa e formas autônomas de atuação do aluno.

Iniciamos no 2º semestre de 1978 o Laboratório Circulante de Física, sendo oferecido para dois grupos distintos: como atividade complementar ao laboratório tradicional para 600 alu-

nos de Física, Química, Matemática e Meteorologia e como atividade única para 40 alunos da Escola Politécnica. A experiência teve prosseguimento em 1979, 1980 e 1981 a qual foi estendida aos 600 alunos da Escola Politécnica, em caráter complementar. Em 1981 esta atividade foi também estendida para os alunos do curso de Física 3 e 4. Esta atividade, iniciada em 1978, está sendo objeto de análise, sendo que resultados preliminares já foram objetos de comunicações em conclaves nacionais e repercussão em publicação internacional⁸⁰.

O desenvolvimento de mais de 50 experimentos que são colocados à disposição de alunos para realizar exercícios experimentais, sem a presença de professores, tem sido objeto de nossas preocupações. Objetivamos oferecer aos estudantes não somente uma variada gama de experimentos, capazes de interessá-los pelos mais variados assuntos (energia solar, crescimento de cristais, etc.), mas também estimulá-los a uma manipulação de aparelhos simples, facilmente obtíveis, os quais, convenientemente estruturados, podem contribuir para o aluno concretizar muitos modelos teóricos em sua própria casa. Esta atividade também objetiva dar condições aos nossos alunos para manipular uma série de experimentos que, de certa forma poderá preencher as lacunas provenientes de um ensino experimental de 1º e 2º graus bastante deficientes, conforme já salientamos. Estamos, presentemente, multiplicando o número de experimentos atualmente oferecidos e analisando as reações dos estudantes frente a esta atividade.

d) Artigo de Revista Científica Especializada

Consiste na leitura e resumo de pelo menos um artigo de revista científica especializada. Para tanto são selecionados inúmeros artigos sobre fenômenos físicos ou experimentos acessíveis aos nossos alunos do 1º e 2º anos. Esta atividade supervisionada pretende iniciar nossos alunos na utilização sistemática de nossa Biblioteca de Periódicos, cujo acervo propicia uma visão do desenvolvimento da Ciência, trabalhos e investigações em curso, bem como seus problemas básicos, permitindo ao aluno uma atualização de seus conhecimentos. Iniciamos esta atividade em 1980.

A introdução na Biblioteca de Periódicos é feita pelas bibliotecárias do IFUSP que informam sobre a sistemática de arquivamento, utilização, pesquisa e mesmo sobre o que é um resumo de um artigo. Essa atividade foi estendida aos alunos do 2º ano em 1981.

Esta atividade comum ao processo de formação de um profissional que deve ser estimulado por todas as disciplinas que

integram nosso curso, tem levado nossos alunos a travar contato com uma série de assuntos, muitos dos quais ligados as atividades experimentais e outros, aos mais diversos campos de pesquisa. Estamos presentemente detectando os efeitos que esta iniciativa pode ter no processo formativo de nossos alunos. A extensão desta atividade para os alunos do 2º ano, que no ano de 1980 já a realizaram, mostrou dois aspectos interessantes: a) o aluno no início do curso (2a. aula) já tinha definido um assunto sobre o qual desejava ler, não necessitando de sugestões por parte do curso; b) a procura de artigos foi feita diretamente pelo aluno, quanto muito o professor sugeriu uma dada coleção de periódicos ou encaminhou-o para um colega especialista no assunto.

e) Projeto Experimental

Esta atividade consiste na realização, por equipe, de um projeto experimental, de livre escolha dos alunos, envolvendo os conceitos físicos explorados no decorrer do semestre e utilizando a experiência adquirida em nossos laboratórios. É uma oportunidade para os alunos demonstrarem, na medida de suas possibilidades, o espírito de iniciativa, imaginação, pesquisa, para se utilizar de recursos materiais, facilmente obtíveis e projetarem úteis materiais experimentais. Não se trata de uma feira de materiais didáticos, mas da imperiosa necessidade que os alunos tem demonstrado de projetarem, eles próprios, experimentos que julguem capazes de realizar de forma independente.

O interesse que esta atividade desperta em nossos estudantes nos anima a tirar, provisoriamente, as conclusões mais satisfatórias. Acreditamos que qualquer que seja o modelo de laboratório proposto, sempre se deve oferecer uma oportunidade para o aluno, dentro de suas possibilidades, tentar realizar de forma independente, alguma atividade experimental: escolhendo o tema, os materiais e apresentar os resultados obtidos. Esta atividade é apresentada aos estudantes ao final de cada semestre, da forma transcrita a seguir:

6a. EXPERIÊNCIA
PROJETO EXPERIMENTAL

OBJETIVO

Propiciar ao estudante uma oportunidade para projetar e realizar um experimento relacionado com a matéria estudada. Você está sendo convidado para projetar um experi-

mento e realizá-lo completamente durante a aula prevista no seu ca lendário.

Espera-se que, com os fundamentos teóricos adquiridos durante o curso, acrescidos por uma vivência em nossos laboratórios, você e seu companheiro de equipe possam realizar a contento esta empreitada.

Não se pretendem projetos grandiosos e espetaculares (embora a escolha e os procedimentos seja sua), mas aconselhamos a objetividade e simplicidade nesta tarefa.

Caberá a você e seu colega da equipe a escolha da experiência e dos materiais necessários para tal. Este material deverá ser utilizado no dia de sua aula. O laboratório disporá durante a realização do experimento de aparelhos tais como: balança, cronômetros, paquímetros ou micrômetros, etc.. Ao final da experiência, você deverá entregar um relatório semelhante aos que já elaborou.

Antes de se definir pela escolha de um projeto, consulte seu professor. Caso você encontre alguma dificuldade para escolher um experimento ou mesmo durante a sua realização, seu professor também poderá orientá-lo nesse sentido.

Aconselhamos não deixar para a última hora a tarefa da escolha do Projeto a ser desenvolvido. Você possivelmente encontrará algumas dificuldades (não intransponíveis) nesta atividade; mas considere-as como um desafio. Acreditamos em seu êxito!

f) Oficina Eletro-Mecânica

Consiste num curso de oficina paralelo às atividades experimentais, de caráter optativo e experimental, para os alunos de Física que desejarem uma formação complementar técnica. Este curso será de grande utilidade para os futuros profissionais no campo de Física (magistério, pesquisa, indústria), etc.. Este curso, complementar à formação experimental do aluno, tem demonstrado grande interesse apesar de não ser obrigatório e não atribuir qualquer crédito acadêmico ao aluno. De uma maneira geral, temos recolhido interessantes opiniões dos alunos da importância desta atividade.

g) Laboratório de Demonstrações

Este laboratório, criado em 1975, consta de uma série de equipamentos de demonstrações que podem ser utilizados pelos professores em suas aulas, e permanece à disposição dos alunos para suas próprias manipulações e observações. Constitui um aspecto

fundamental do ensino experimental, em qualquer nível de ensino, uma vez que fenômenos estudados teoricamente podem, de pronto, numa aula de demonstração ou contando com material de apoio, encontrar suporte ou modelo concreto.

Embora o laboratório de demonstrações não esteja sob nossa responsabilidade, nossos alunos são incentivados a procurá-lo e desta forma tirar melhor proveito deste tipo de atividade. É de fundamental importância pelas múltiplas oportunidades que um aluno pode dispor para a ilustração de fenômenos ou modelos, pela livre manipulação independente de cálculos, etc.. Estudos já publicados destacam sua importância e acreditamos que o mesmo deva ser agilizado em seus múltiplos aspectos.

Paralelamente ao curso experimental que relatamos, outras propostas estão sendo alvo também de experimentação, como o Laboratório com a Redução Progressiva de Informação Dirigida. Estamos no momento projetando um modelo alternativo que poderia receber a denominação de Laboratório de Exercícios Experimentais cuja fundamentação vamos expor a seguir e cuja primeira verificação estamos realizando durante o 2º semestre de 1981.

a) Laboratório de Exercícios Experimentais

Das análises preliminares feitas com relação aos modelos de laboratórios que estamos presentemente desenvolvendo, algumas críticas, com relação aos experimentos programados em sala de aula, merecem de nossa parte a tomada de decisões que podem nos conduzir, parcialmente a uma nova estruturação do laboratório programado. As principais são:

- alguns experimentos já foram realizados pelos alunos que são obrigados a atividades, para eles, sem nenhum proveito aparente;

- acreditamos que um exercício deve conter uma certa dose, para o aluno, de interesse ou desafio. Quando um aluno adentra a sala de um laboratório estruturado, como atualmente o apresentamos, nem sempre isto pode ocorrer, mesmo contando com excelentes professores. O problema, como um exercício experimental, pode não representar nada para grupos enormes de alunos e como consequência gera o que já denominamos anteriormente a "síndrome da rejeição" para todas as atividades experimentais;

- além da diversidade de interesses dos alunos, temos vários cursos que deverão desenvolver atividades experimentais. Obviamente que o assunto tratado continuará sendo Física, mas podemos apresen

tar uma gama de experimentos que pode interessar mais aos alunos de um curso do que de outro.

Alidado a estas críticas, nós podemos observar, conforme estabelecemos anteriormente, que um conjunto de experiências não tem prevalência sobre um outro completamente diferente. Isto, de certa forma, nos conduz a situação de que talvez estejamos atuando mais na parte atitudinal do aluno do que na cognitiva. Estas considerações nos sugerem que talvez pudéssemos desestruturar os atuais Laboratórios Didáticos, com melhor proveito para os alunos. Neste sentido estamos introduzindo as alterações seguintes:

- em cada Laboratório poderemos dispor de uma variada gama de experimentos; o aluno poderá escolher um ou dois exercícios experimentais para cada período de Atividade;

- o aluno poderá, em alguns casos, realizar uma atividade, como, por exemplo, calcular a aceleração da gravidade, utilizando métodos distintos: queda livre, pêndulo simples ou pêndulo composto e comparar os resultados obtidos;

- uma maior diversidade de experimentos e assuntos poderá, de certa forma, apresentar situações que possam interessar ou desafiar o estudante a um envolvimento mais decisivo nesta atividade;

- em períodos estabelecidos de acordo com os cursos os experimentos podem ser substituídos por outros;

- nem todos exercícios experimentais devem ser acompanhados de relatórios formais; os cálculos são suficientes;

- o aluno não deve ser obrigado a realizar todos os experimentos;

- as demais atividades: seminários, laboratório circulante, projetos, artigos científicos, oficinas, demonstrações, devem continuar a complementar as atividades experimentais.

Acreditamos que um modelo de Laboratório de Exercícios, como o acima descrito, possa, talvez envolver melhor os alunos nas atividades experimentais, uma vez que se poderá oferecer aos mesmos um amplo conjunto de experimentos e assuntos variados.

São hipóteses de trabalho que postas em prática, poderão nos informar da validade ou não das mesmas ou apontar outros caminhos.

b) Laboratório com a Redução Progressiva de Informação Dirigida

Com o objetivo de favorecer a iniciativa, observação e análise por parte do estudante, o curso de Laboratório de Física

Básica oferecido para os alunos da Escola Politécnica (600) foi elaborado de tal forma que as instruções de laboratório tivessem as informações sobre os procedimentos e tratamentos de dados, diminuindo gradativamente no transcorrer do curso. Nas últimas experiências, coube ao aluno participação dominante na atividade em aulas; basicamente apenas os objetivos a serem atingidos foram apresentados.

O laboratório não dirigido exige participação ativa do aluno em aula e maior interação professor-aluno, possibilitando ainda conhecimento das reais dificuldades experimentais e conceituais do aluno.

Pretendemos analisar essa atividade desenvolvida a partir de 1978, enriquecida com as observações a serem feitas durante o ano de 1979 à 1981. Resultados preliminares foram apresentados em Simpósios de Ensino.

IV. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Aparentemente, o arranjo proposto consiste num modelo eclético constantes das várias propostas para o ensino experimental, conforme destaca Watanabe¹². Dibe⁸¹ o caracteriza como um ensino através de multi-meios, onde cada elemento do sistema é projetado visando levar o aluno a atingir objetivos intermediários e o conjunto dos meios conduzem o aluno ao objetivo final da aprendizagem.

Os resultados das atividades descritas nos itens acima estão sendo analisadas a partir dos relatórios elaborados pelos alunos, de críticas e sugestões feitas pelos alunos e professores do curso, do desempenho individual e em grupo do aluno, além da comparação com atividades similares encontradas na literatura.

Nossos estudos preliminares nos permite fazer coro com aqueles que apregoam a importância da atividade experimental; por outro lado, tem nos dado subsídios para que possamos ressaltar que num curso destinado a formação de físicos, mais importante do que o conteúdo envolvido numa programação das atividades experimentais, está sua estruturação e a atuação do aluno. Como corolário da afirmação acima, podemos colocar que não detetamos um conjunto de experiências que tenha prevalência sobre qualquer outro. Este fato nos conduz à crítica de que são acadêmicas as discussões usuais

de ser esta experiência mais importante do que aquela.

A projeção de um modelo de Laboratório deve levar em conta os objetivos gerais do curso que norteiam a formação do profissional. Na ausência explícita desses, acreditamos que podemos procurar inspirações em aspectos relevantes dessa formação considerando a atuação do profissional nos vários campos de trabalho (magistério, pesquisa, indústria, basicamente), nos quais o aluno, já como profissional, deverá ter condições para uma atuação independente e cooperativa. Dominar técnicas, projetar experimentos simples, localizar informações consideradas relevantes, coletar dados, apresentá-los por escrito e oralmente, são tarefas que um curso experimental pode favorecer.

Este é o nosso conceito de Laboratório Didático: não se trata de um local onde o aluno simplesmente completa uma exigência curricular, mas sim corresponde a um conjunto de atividades que se integram visando capacitar nosso estudante para um desempenho de suas funções de forma segura, independente ou cooperativamente.

Este modelo de Laboratório que estamos desenvolvendo é objeto de intenso trabalho de acompanhamento e análises, visando detectar as falhas e introduzir as necessárias reformulações. Preparar de forma adequada nossos estudantes, no campo do ensino experimental; criar um ambiente de integração, cooperação, responsabilidade e interesse pelas atividades previstas; ouvir as críticas e sugestões de nossos estudantes e colegas e, finalmente, abrir espaços para uma atuação efetiva de nossos alunos, serão as diretrizes que perseguiremos visando, obviamente, atingir um aprimoramento de nosso Laboratório Didático.

REFERÊNCIAS

1. Mackenzie, N. et al - Arte de Ensinar e Arte de Aprender, trad. Carlos Nelson Coutinho, Rio de Janeiro, Ed. Fundação Getúlio Vargas, 1974, 29-30.
2. Atas do I Simpósio Nacional de Ensino de Física, Boletim nº 4 da Sociedade Brasileira de Física (1970).
3. Atas do II Simpósio Nacional de Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física (1974).
4. Atas do III Simpósio Nacional de Ensino de Física, Revista Brasileira de Física, vols. Esp. 1, 2 e 3 (1976).
5. Programa do IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Física, Rio de Janeiro, (1979).
6. In "New Trends in Physics Teaching", vol. II (1972) e vol. III (1975), UNESCO, Paris.
7. Ferreira, N.C. - Proposta de laboratório para a Escola Brasileira - Um Ensaio sobre a Instrumentalização no Ensino Médio de Física. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1978. 1.
8. Eades, J.A. - The Role of Laboratory in Physics Education. In "New Trends in Physics Teaching", vol. III, 52 (1975), UNESCO, Paris.
9. Saad, F.D.; Nascimento, I.C. - Levantamento Nacional das Condições Reinantes nos Laboratórios Didáticos de Física nos Ciclos Básicos das Escolas de Nível Superior, Ref. 4,2, 423-449.
10. Terrazan, E.A. et al. - Levantamento de Dados sobre o Laboratório de Ensino do Ciclo Básico de Física, Ref. 4,2, 472-497.
11. Soares, V.L.L. - Laboratório Didático de Física no Ciclo Básico da Universidade. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1977.
12. Watanabe, K. - Proposta de um Modelo para o Desenvolvimento de Atividades Experimentais de Física nos Cursos de Formação de Tecnólogos. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1980.

13. Sobrevila, M.A. - Los Ingenieros Latino-Americanos Frente al Desafio del Futuro, XV União Panamericana de Associação de Engenheiros, VI, 523-556 (1978).
14. Carvalho, A.M.P. - O Ensino de Física na Grande São Paulo. Estudo sobre um Processo de Transformação. Tese de doutoramento apresentada na Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1972.
15. Saad, F.D.; Nascimento, I.C. - Um Laboratório Não Convencional. XXVIII R.A. da SBPC, Resumo em Ciência e Cultura, 28,40 (1976).
16. Saad, F.D.; Yamamura, P.; Watanabe, K. & Ferreira, N.C. - Novos Métodos de Ensino - Análise de Algumas Experiências. XXVIII R.A. da SBPC, Resumo em Ciência e Cultura, 28, 40 (1976).
17. Gomes, A.E.Q. & Álvares, B.A. - Inovações nos Laboratórios de Física Geral no Instituto de Ciências Exatas da UFMG, Ref. 4, 2, 451-456.
18. Bouères, L.C.S. et al. - O Laboratório do Curso Personalizado de Física 3-4 (1975) no IFUSP. In "Anais do III Simpósio Nacional de Ensino de Física", São Paulo, 1976. Revista Brasileira de Física, Vol. Esp. 1, 457-466.
19. Saad, F.D.; Yamamura, P. & Nascimento, I.C. - Análise Funcional do Laboratório no Ensino de Física. Segunda Conferência Interamericana sobre Ensenanza de la Física, Caracas, Venezuela, 1975.
20. Pimentel, C.A. - O Laboratório como Fonte de Novas Experiências Educacionais. XXX R.A. da SBPC, Resumos em Ciência e Cultura, 30, 113(1978).
21. Moscati, G. et al. - Prateleira de Demonstração de Eletricidade. In "Anais do III Simpósio Nacional de Ensino de Física", São Paulo, Revista Brasileira de Física, Vol. Esp. 1, 519 (1976).
22. Saad, F.D. - Análise do Projeto FAI - Uma Proposta de um Curso de Física Auto-Instrutivo para o 2º Grau. Dissertação de Mestrado apresentado no Instituto de Física - Faculdade de Educação da USP, 1977.
23. Muramatsu, M. et al. - Demonstrações no Ensino de Física. Trabalho apresentado no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, Rio de Janeiro, 1979. Trabalho mimeografado.
24. Hamburger, A.I. - O Laboratório Didático na Universidade - como Ensino de Física e como Formação de Professores. Revista de Ensino de Física, 2(2), 57-58 (1980).

25. Pimentel, C.A. & Fuad, F.D. - Um Laboratório de Física Básica para os Alunos de Engenharia. Trabalho apresentado na V Reunião da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, São Paulo, 30-31/out/1978 e no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 1979, Rio de Janeiro.
26. Saad, F.D. & Pimentel, C.A. - Atividade Experimental de Física ao Nível de 1º e 2º Grau: O Laboratório Circulante. Preprint do Instituto de Física da USP, 1979.
27. Saad, F.D. & Pimentel, C.A. - Laboratório Circulante de Física: Uma Nova Dimensão para o Ensino Experimental. Trabalho apresentado na V Reunião da Associação Brasileira de Ensino de Engenharia, São Paulo, 30-31/out/1978 e no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 8 a 12/jan/1979, Rio de Janeiro.
28. Saad, F.D. & Pimentel, C.A. - O Seminário como Complemento à Atividade Experimental. Trabalho apresentado no IV Simpósio Nacional de Ensino de Física, 8 a 12/jan/1979, Rio de Janeiro.
29. Nedelsky, L. - Introductory Physics Laboratory, Am. J. Phys., 26, 51-59 (1958).
30. Oppenheimer, F. e Correll, M. - A Library of Experiments, Am. J. Phys., 32, 220-225 (1964).
31. King, J.G. - On Project Laboratories, Am. J. Phys., 34, 1058-1062 (1966).
32. Prescott, J.R. & Anger, C.D. - Removing the "Cook-Book" from Physics Laboratories, Am. J. Phys., 36, 58-64 (1968).
33. Ivany, J.W.G. - The Divergent Laboratory, Am. J. Phys. 36, 1072-1080 (1968).
34. Chesley, R.E. - Students Projects in Physics, The Physics Teacher, 37, 449-451 (1969).
35. Michels, W.C. - The Role of Experimental Work, Am. J. Phys., 30, 172-178 (1962).
36. Price, R.M. & Brandt, D. - "Walk-in Laboratory". A Laboratory for Introductory Physics, Am. J. Phys., 42, 126-130 (1974).
37. Ryder, M. - Take-Home Experiments, The Physics Teacher, 11, 533-536 (1973).
38. Shonle, J.I. - A Progress Report on Open-Ended Laboratories. Am. J. Phys., 38, 450 (1970).

39. Sneider, C. - A Laboratory and Discussion Approach to High School Science Teaching, *Physics Teacher*, 9 (1971).
40. Bigge, M.L. - Teorias da Aprendizagem para Professores, trad. José Augusto da Silva Pontes e Marcos Antonio Rolfini. São Paulo, EPU. Ed. da Universidade de São Paulo, 1977.
41. Gonzales, C. - El Equipo y el Laboratorio en la Enseñanza de Ciencias, *Boletim de Educación*, nº , 56-61 (1971).
42. Dewey, J. - Experiência e Educação, trad. Anísio Teixeira. São Paulo, Editora Nacional, 1971.
43. Sciacca, M.F. - O Problema da Educação, trad. Antonio Pinto de Carvalho. São Paulo, Editora Herder, 1966.
44. Popham, W.J.; Baker, E.L. - Tática de Ensino em Sala de Aula. Porto Alegre, Editora Globo, 1978.
45. Weatherall, M. - Método Científico, trad. Leonidas Hegenberg. São Paulo, Editora Polígono, 1970.
46. Kuhn, T.S. - A Estrutura das Revoluções Científicas, trad. Beatriz Vianna Boeira e Nelson Boeira. São Paulo, Editora Perspectiva, 1975, 35.
47. Hardinon Jr., O.B. - O Ensino de Humanidades. In "O Ensino superior, Teoria e Prática", trad. Luiz Corção. Rio de Janeiro, Zahar Editores, 1972, 85-86.
48. Azanha, J.M.P. - Experimentação Educacional, uma Contribuição para sua Análise. São Paulo, EDART, 1974, 22, 29-31.
49. Polya, G. - A Arte de Resolver Problemas, trad. Heitor Lisboa de Araujo. Rio de Janeiro, Interciência, 1978, 106.
50. Lindsay, R.B. & Margenau, H. - Foundations of Physics. New York, Dover Publications, 1935, 4-5.
51. Hanson, N.R. - Observação e Interpretação. In "Filosofia da Ciência", trad. Leonidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. São Paulo, Editora Cultrix, 133-135.
52. Magee, B. - As idéias de Popper, trad. Leônidas Hegenberg e Octany Silveira da Mota. São Paulo, Cultrix, Ed. da Universidade de São Paulo, 1974, 39-40.
53. Heisenberg, W. - Diálogos sobre Física Atômica. Lisboa, Editorial Verbo, trad. José Cardoso Ferreira, 1971, VII.
54. Skinner, B.F. - Tecnologia do Ensino, trad. Rodolpho Azzi. São Paulo, Editora Herder e Ed. da Universidade de São Paulo, 1972, 6.

55. Nagel, E. - Ciência: Natureza e Objetivo. In "Filosofia da Ciência", trad. Leonidas Hegenberg e Octanny Silveira da Mota. São Paulo, Ed. Cultrix, 20-21.
56. Hegenberg, L. - Explicações Científicas, introdução à filosofia da ciência. São Paulo, Ed. Herder e Ed. da Universidade de São Paulo, 1969, 18.
57. Moreira, M.A. - Pesquisa em Ensino de Física no Ciclo Básico. *Revista Brasileira de Física*, Vol. Esp. 1, 229 (1976).
58. Gagné, R.M. - Como se Realiza a Aprendizagem, trad. Therezinha Maria Ramos Tovar. Rio de Janeiro, Livros Técnicos e Científicos Ed., 1974, 149.
59. Rogers, E.M. - Physics for the Inquiring Mind. Princeton, New Jersey, Princeton University Press, 1960, 63.
60. Oliveira, J.B. - Novas Tendências da Teoria e Prática de Ensino. *Revista Brasileira de Física*, Vol. Esp. 1, 49 (1976).
61. Sciacca, M.F. - História da Filosofia, trad. Luís Washington Vieta. São Paulo, Ed. Mestre Jou, 1962, 49-50.
62. Popper, K.R. - El Desarrollo del Conocimiento Científico. Buenos Aires, 1967, 216.
63. Schemberg, M. - Pós-Graduação e Pesquisa. Debates I Simpósio Nacional sobre Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, *Boletim nº 4*, 314 (1970).
64. Pimentel, C.A. & Lanz, R. - VIII Congresso Panamericano de Ensino de Engenharia, Santiago, Chile, Resumo XV UPADI, 1978.
65. Baez, A.V. - The New College Physics, A Spiral Approach. San Francisco, Eds. Henry M. Foley, Malvin A. Ruderman, 1967, 5.
66. Fleming, H. - Bacharelado em Física. I Simpósio Nacional sobre Ensino de Física, Sociedade Brasileira de Física, *Boletim nº 4*, 260 (1970).
67. Bernard, C.H. - Laboratory Experiments in College Physics. New York, John Wiley & Sons, 1957, 1.
68. Bruner, J.S. - O Processo da Educação, trad. Lólio Lourenço de Oliveira, 6a.ed. São Paulo, Ed. Nacional, 1976, 12-13.
69. Ferreira, E.C. - Contribuição de Problemas Complexos para a Formação de Habilidades de Pesquisa, no Curso de Bacharelado em Física. Dissertação de Mestrado apresentada no Instituto de Física - Faculdade de Educação da USP, 1980, 20-21.

70. Salmeron, R.A. - In Anais do III Simpósio Nacional de Ensino de Física, São Paulo, 1976. Revista Brasileira de Física, Vol. Esp. 1, 324 (1976).
71. L'Enseignement de la Physique dans les Universités. UNESCO, Paris, 222 (1966).
72. Orear, J. - Física, trad. Ivan Cunha Nascimento e José Roberto Moreira, Rio de Janeiro, 1971, 91.
73. Motoyama, S. - A Física no Brasil. In "História das Ciências no Brasil", Coord. Mario Guimarães Ferri e Shozo Motoyama. São Paulo, EPU, Ed. da Universidade de São Paulo, 1979.
74. Tissandier, G. - La Physique Sans Appareils. Paris, G.Masson, Ed., 1893, 7-8.
75. Melissinos, A.C. - Experiments in Modern Physics. New York, Academic Press, 1966, VII.
76. Drigo, A. e Alòcco, G. - Física Prática. Padova, Ed. Riccardo Zanconi, IV ed., 1945.
77. Perucca, E. - Quida Prática per Esperienze Didattiche di Fisica Sperimentale. Bologna, Nicola Zanichelli, 1937.
78. Davis, R. et al. - Sistemas de Aprendizagem - Uma Abordagem ao Desenvolvimento da Instrução, trad. João R.M. Sant'Anna. São Paulo, McGraw-Hill do Brasil, 1979.
79. Yamamura, P. - Recuperação de Alunos num Curso Básico de Física - Proposta de um Modelo Instrucional Alternativo. Dissertação de Mestrado, apresentado no Instituto de Física - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, 1980.
80. Azevedo, C. - Une Nouvelle Dimension por l'Enseignement Experimental de la Physique: Le Laboratoire Ambulant. Montreal, Pedagogiques, Vol. 1, nº 2, 35 (1980).
81. Dib, C.Z. - Tecnologia da Educação, e sua Aplicação à Aprendizagem de Física. São Paulo, Pioneira, 1974.