

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
INSTITUTO DE FISICA
FACULDADE DE EDUCAÇÃO

SBI-IFUSP



305M810T1030

A UTILIZAÇÃO DO MICROCOMPUTADOR NO ENSINO
DE FISICA DO SEGUNDO GRAU:
ANALISE DE UMA EXPERIENCIA



ODUVALDO VENDRAMETO

ORIENTADOR : DR. FUAD DAHER SAAD

Fuad Daher Saad

Joulysonny
Fuad Daher Saad

TESE APRESENTADA A FACULDADE DE
EDUCAÇÃO E INSTITUTO DE FISICA
DA UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO,
PARA OBTENÇÃO DO TITULO DE
MESTRE.

SÃO PAULO - 1987

Defesa em 4/11/87

530.07

V.453u

M

v.1 e.1

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pelo Serviço de Biblioteca e Informação
do Instituto de Física da Universidade de São Paulo

Vendrameto, Oduvaldo

Utilização do microcomputador no ensino de física
do segundo grau: análise de uma experiência. São
Paulo, 1987.

Dissertação (Mestrado) - Universidade de São Paulo.
Instituto de Física. Departamento de Física Experimen
tal.

Área de Concentração: Ensino de Ciências (Modalida
de Física)

Orientador: Prof. Dr. Fuad Daher Saad

USP/IF/SBI - 29/87

Aos
meus pais
Tiana e
Abílio (in memoria)
pela dedicação, apoio em
todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

Expresso meu agradecimento

- ao Dr. Fuad Daher Saad, orientador deste trabalho pelas valiosas sugestões, estímulos e apoio.
- à Aparecida Mason, professora de Português do Colégio Pio XII, presente ao longo desta dissertação, ajudando-me a dar forma às idéias e dados coletados.
- aos professores Kazuo Watanabe e Paulo Yamamura - pelas oportunas críticas e sugestões, permitindo - viabilizar algumas das propostas aqui descritas.
- à Sister Paula, Diretora do Colégio Pio XII, pela incansável colaboração e tolerância, ensejando a - oportunidade material para que esta proposta se - realizasse.
- e a todos que, de forma direta ou indireta, cola- boraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

A UTILIZAÇÃO DO MICROCOMPUTADOR NO ENSINO DE FÍSICA DO SEGUNDO GRAU : ANÁLISE DE UMA EXPERIÊNCIA

O microcomputador tornou-se ferramenta presente em amplos setores da sociedade, com reflexos na escola.

Os projetos atuais para o microcomputador são derivações daqueles desenvolvidos na década de setenta visando o ensino, fundamentados, basicamente, em duas grandes linhas aqui chamadas de "Skinneriana" ou "Piagetiana".

A análise das observações na resolução de problemas de física através do microcomputador junto aos alunos do colegial permitiu algumas deduções.

Aplicou-se uma abordagem tida como "Skinneriana", uma instrução programada, via microcomputador, ao lado de um texto escrito. Depois, há uma comparação entre as observações descritas e tabeladas.

Ao final, uma reflexão: resultados palpáveis e possíveis inferências.

ABSTRACT

Microcomputer has become a current tool in several fields of society with reflections at school.

Recent projects for microcomputer are derivatives from those developed in the seventies concerning teaching, basically supported in two large lines, called "Skinneriana" or "Piagetiana".

The analysis of the observations in the resolution of Physics problems through microcomputer with highschool students made some deductions possible.

It was applied a "Skinneriana" programed instruction both by a microcomputer and with a written text. Afterwards there's a comparison between described and tabulated observations.

At last a reflection : evident results and possible inferences.

INDICE

INTRODUÇÃO..... 1

A - Hipóteses.....6
B - Razões deste trabalho.....6

CAPITULO I

A - Microcomputador - Macrorrevolução.....10
B - Computador no ensino.....11
C - Projeto Plato.....16
D - "Logo".....20
E - Algumas práticas com o computador.....24
F - Experiências no Brasil.....28
G - O aluno e o computador.....33
H - O computador na escola.....36

CAPITULO II

A - Um experimento empírico com o microcomputador.....40
B - Projetos.....44
C - Programar facilita o aparecimento de "insight".....45
D - Problema de encontro de dois móveis.....46
E - Problema de empuxo.....60
F - Os outros projetos.....63

CAPITULO III

A - Experimento controlado.....78
B - Elaboração do programa.....78
C - Parte apresentada pelo microcomputador...79
D - Aplicação do programa.....82
E - Instrução Programada-Método Tradicional..88

CAPITULO IV

A - Comentários e conclusões.....93
B - Investigação não institucionalizada.....96
C - Simulação.....97
D - Avaliação das hipóteses.....99
E - Satisfação com a resposta.....101
F - Valorização.....101
G - Considerações gerais.....103

REFERÊNCIAS.....106

INTRODUÇÃO

A existência de inúmeros recursos
instrucionais e didáticos, ao lado de uma
consciência de que o conhecimento não é transmitido
de forma mecânica, mas através de processos
ativos, exigindo condições favoráveis para sua
aprendizagem, permitiu ao professor de Física
elaborar programas educativos em Física para uma
educação em nível médio e superior.

Uma característica de recursos e
condições de ensino são os materiais variados
de ensino, tais como: livros, filmes, gravuras,
modelos, etc., que permitem ao professor
utilizar métodos ativos, como: demonstrações,
experimentos, trabalhos em grupo, etc.,
que favorecem a aprendizagem significativa.

"A ciência é construída de fatos,
como uma casa é de pedras.
Mas uma coleção de fatos não é mais
uma ciência do que
um monte de pedras é uma casa."

Henri Poincaré

INTRODUÇÃO

A existência de inúmeros recursos instrucionais à disposição dos docentes, ao lado de uma crescente melhoria no conhecimento do processo ensino-aprendizagem, cria condições palpáveis para uma otimização da atuação do professor, permitindo um melhor envolvimento dos alunos nas atividades programadas para uma disciplina isoladamente ou para todo um currículo.

Uma gama apreciável de recursos e métodos existentes, porém, não garantem, pelos mais variados motivos, sua utilização em condições normais de ensino. Equipamentos como retro-projetor, projetor de "slides", video-cassete, televisão, ou recursos como biblioteca, laboratório, museo, ou ainda, técnicas como instrução programada, estudo dirigido, estudo em grupo, podem contribuir para novas propostas ou modelos instrucionais, auxiliando o docente, em sua atividade diária de ensinar, e o estudante no processo de aprendizagem.

Entretanto, uma série de aspectos, como diferenças individuais, maturação, motivação, domínio de pré-requisito, tendências manifestadas por determinadas áreas, diferentes teorias educacionais impossibilitaram, até o presente momento, a universalização de uma única metodologia de ensino. Como consequência, a pesquisa para obtenção de novos métodos favorecendo a transmissão e aquisição de conhecimentos, ou de habilidades, faz-se

Introdução

necessário no campo intelectual. Para execução desta tarefa, a contribuição de diversas ciências e da tecnologia de ensino tem sido fundamental. De um lado a evolução do conhecimento do homem a seu próprio respeito, através da psicologia, sociologia e outras ciências bio-sociais, de outro as diversas tecnologias, com modernos equipamentos na área da transmissão, armazenamento e controle da informação têm permitido o aparecimento de novas e interessantes propostas para a educação.

E dentro deste contexto dinâmico, a educação é vista por alguns, dotada de uma estrutura conservadora, conforme destaca Dib (1)

"Enquanto a tecnologia tem introduzido profundas modificações em todos os setores da atividade humana, a educação parece não ter sido afetada pela revolução tecnológica. Se nos primórdios da revolução industrial as áreas da indústria e da educação se encontravam em um nível primário quanto aos métodos e materiais empregados, o mesmo não ocorre nos dias atuais.

Por todos esses anos a educação tem permanecido praticamente impermeável às

Introdução

mudança, continuando a ser considerada dentro dos domínios da arte e da filosofia e não passível de uma abordagem científica."

Para outros, como Parra (2), é preciso tomar muito cuidado com as inovações em ensino. Exemplo disso foi a possível revolução que representariam os recursos audio-visuais, revelados tão eficientes no treino militar para a segunda Guerra Mundial, destaca em seu trabalho posições assumidas por educadores quanto a esta técnica de ensino.

"...refere-se a crítica comumente feita aos recursos audio visuais de favorecerem a passividade dos alunos."

Também Piaget investe contra a pretensão dos "audio-visualistas" de caracterizarem os seus instrumentos como provedores de um ensino ativo.

Ignorando controvérsias e idiosincrasias, a utilização de novos recursos tem sido concretizada, muitas vezes, à revelia da atividade rotineira escolar. O choque é inevitável: o novo versus a rotina.

No quotidiano notamos que os estudantes, cada vez mais e em todos os níveis, passam a utilizar, de

Introdução

forma sistemática ou não, inúmeros recursos tecnológicos. Por exemplo, as calculadoras eletrônicas, desde aquelas que executam simples operações aritméticas até as mais sofisticadas, passaram a ocupar os espaços das "tábuas de logaritmos", das "tabelas de funções trigonométricas" e mesmo da "régua de cálculo", hoje pertencentes a museus de tecnologia. Enquanto as mini-calculadoras "invadiam" praticamente quase todos os setores da atividade humana, muitos educadores dividiam suas opiniões quanto aos benefícios ou prejuízos deste novo dispositivo "robotizando" ou transformando os estudantes em "apertadores de botões", "incapazes de raciocinar" de forma independente.

Em poucos anos, de uma maneira sub-reptícia, o computador penetrou em nossas vidas de tal forma e com tal intensidade, que muitos ainda, atordoados, perguntam: "como isto aconteceu?"

Hoje, há dificuldades em responder : "como era nosso mundo antes do advento da televisão?" E certamente, defrontar-se-á com questão idêntica em relação ao computador, devido possivelmente à multiplicidade de atividades a ser realizada com o seu concurso.

Desta forma, novos procedimentos e comportamentos emergem a partir da utilização rotineira do computador em toda a sociedade. Seus efeitos já são visíveis mesmo dentro da escola, direta ou indiretamente. Um esforço

Introdução

tem sido desenvolvido nos países mais adiantados, para a aplicação do computador em programas educacionais.

A partir de 1980, graças ao avanço do conhecimento no campo da micro-eletrônica e da ciência dos materiais, surgiu a geração dos chamados "micro-computadores", ou ainda, "computadores pessoais". Este evento produziu transformações no campo da informática, barateando os custos, otimizando linguagens, permitindo o acesso deste instrumento praticamente a qualquer pessoa.

O uso do microcomputador no ensino encontra-se em fase inicial de investigação e orientado para os mais diversos aspectos da educação.

Neste momento, ainda tateando os teclados de microcomputadores, formulam-se algumas hipóteses de trabalho, passando-se a investigá-las mais de perto. O objetivo deste estudo será o de descrever uma experiência com a utilização do microcomputador, em uma situação particular, onde, de ante mão, sabia-se que qualquer generalização seria perigosa. Mas possivelmente irá propiciar um melhor conhecimento do uso deste instrumento no ensino, bem como das suas limitações. E se possível, determinar alguns parâmetros capazes de definir situações limites para a utilização do microcomputador no ensino de física. As hipóteses de trabalho formuladas visam nortear as investigações. Tais como, estudar experimentos correlatos, teorias instrucionais aplicáveis a esta situação, bem como

Introdução

outros aspectos considerados importantes e subjacentes ao estudo do uso do computador no ensino. Assim sendo foram admitidas:

H.1 - A solução de exercícios de física constitui veículo adequado para a introdução do microcomputador no ensino.

H.2 - A utilização do computador contribui para facilitar e ampliar a compreensão de determinados conceitos em física.

H.3 - No domínio afetivo, a utilização do computador favorece o interesse do aluno pelos conteúdos explorados.

H.4 - O domínio do computador favorece o aparecimento de "insight" no aluno frente a alguns problemas.

H.5 - O microcomputador favorece a concretização de conceitos formais em física.

Razões deste trabalho

Professor do segundo grau desde 1970, e de terceiro grau a partir de 1976, há verdadeiros desafios

Introdução

em situações como: do rendimento escolar; dos procedimentos que visam recuperar alunos; da adoção adequada dos meios materiais e da tecnologia de ensino, e como eles podem contribuir para a melhoria de sua qualidade. Sobre eles, a reflexão frequentemente, faz com que haja uma contínua reorientação do método de trabalho.

A opção por esta área ocorreu quando um número pequeno, mas significativo de alunos de segundo e terceiro colegiais, em 1983, pressionavam os docentes para que fosse liberada a calculadora programável nas provas, criando situações embaraçosas para o professor. Extremamente hábeis, programavam algoritmos de solução de problemas e rapidamente, após a esquematização para que os dados ficassem coerentes e em ordem para a entrada no micro-pessoal, davam respostas aos inúmeros problemas propostos.

Apesar de tratar-se de alunos diferenciados, houve o interesse de saber como chegaram àquele nível de conhecimento em programação e manipulação. A informação veio logo: já havia na praça entre quinze e vinte periódicos, divulgando avanços de microeletrônica, fornecendo substanciais informações nas áreas de "hardware" e "software", sendo esses alunos ávidos consumidores dessas publicações. Muitas das citações deste trabalho, dever-se-á a colaboração desses alunos. E também, interessante frisar que nenhum desses alunos frequentou qualquer curso regular sobre computação.

Introdução

Fortemente apoiado pelos meios de publicidade, o computador populariza-se vertiginosamente. Assim, é necessário terem-se informações concretas a seu respeito de modo geral, e particularmente quanto ao seu uso na educação. Se for preciso, ter argumentos para compreender em que situações se devam ou se possam utilizá-lo. Como o automóvel, televisão, rádio e muitos outros instrumentos se impuseram dentro da sociedade sem a participação da escola, o computador parece constituir-se no próximo elemento desta série.

A preocupação centra-se no fato do acesso e controle que o aluno está tendo sobre este instrumento, que é, para muitos de nós, professores, um ilustre desconhecido.

Outro aspecto é como utilizá-lo em salas de aula, e qual o melhor momento para isso.

Nesta proposta de trabalho, no primeiro capítulo, apresentar-se-á um resumo histórico das condições que antecederam o presente momento, quando o microcomputador se tornou um elemento de fato dentro da sociedade, e por extensão, dentro da escola. Os grandes projetos desenvolvidos na década de setenta e que de alguma forma deram contorno a muitas propostas atuais para o microcomputador, bem como alguns trabalhos apresentados em simpósios aqui e no exterior nos últimos quatro anos serão comentados neste capítulo.

Introdução

No segundo capítulo, será descrita a experiência com o microcomputador, numa aplicação empírica, com uma reflexão e análise referente às hipóteses H.1; H.2; H.3; H.4; e H.5 da proposta deste trabalho.

Um experimento controlado, Skinneriano, com um conteúdo de física apresentado por um programa de microcomputador, aqui desenvolvido e aplicado será o objeto do terceiro capítulo.

Finalmente, no último capítulo, o de número quatro, far-se-ão comentários e conclusões a respeito desta experiência, e sugestões consideradas pertinentes.

MICROCOMPUTADOR - MACRO REVOLUÇÃO

No início da década de setenta, a ampliação do conhecimento no campo da ciência dos materiais e da microeletrônica viabilizou a construção dos chamados circuitos integrados e sua reprodução em uma única peça de material semi-condutor, o "chip". Os milhares de componentes de que era constituído o computador para cumprir suas múltiplas finalidades, passaram a ser implementado em placas em um único circuito. Isto resultou em enorme simplificação no projeto de sistemas de tratamento da informação. Em 1975, a revista "Popular Eletronics" apresentou o "kit" do microcomputador Altair 8800, produzido por uma pequena empresa. O "Apple", criado de modo análogo, pelo técnico em eletrônica Stephen Wosniak, usando a garagem de parentes como oficina, construiu uma única placa de circuito impresso que dava ao microcomputador as principais qualidades dos computadores maiores (3). O entusiasmo com o invento foi de tal envergadura que originou a empresa "Apple Computer Inc", crescendo vertiginosamente, chegou a obter lucros de cem milhões de dólares anuais (4).

Essa revolução, consequência do invento do microcomputador, produziu nos últimos anos dois fatos importantes: um grande número de pequenas empresas trabalhando com essa tecnologia extremamente sofisticada e outro, a popularização do microcomputador, que por suas

Capítulo I

características específicas recebeu o nome de computador pessoal.

Fazer um resgate histórico rigoroso da soma de contribuições que levou a humanidade do ábaco até o computador, está fora do propósito deste trabalho. No entanto, ficaria incompleto se não houvesse aqui pelo menos o registro das condições que o antecederam (anexo 1).

O Computador no Ensino

O computador passou a ser estudado como instrumento de ensino na esteira da máquina de ensinar. As máquinas de ensinar mecânica ou eletromecânica tinham como características a apresentação da informação contida num programa, recepção e registro das respostas. A correção, no caso de erro, com simples apresentação da resposta correta. As máquinas mais simples, para programas lineares, apresentavam as questões sucessivamente, impedindo retorno. As mais sofisticadas aceitavam programas ramificados, como o Autotutor Mark II, muito usado na Inglaterra na década de sessenta. Os programas eram gravados em microfilmes e uma bateria de botões permitia ao usuário escolher entre as respostas aquela considerada correta. A partir daí e usando basicamente os mesmos princípios, com pequenas variações, a produção destas máquinas cresceu rapidamente.

Capítulo I

As linhas de pesquisa na área da tecnologia de ensino, que haviam experimentado anteriormente um momento de euforia com os recursos audio-visuais, pareciam estar reeditando aquela fase com as máquinas de ensinar. A observação feita por Montmollin (5) referente a esta época conta sobre o entusiasmo com as máquinas de ensinar.

"Os modelos de máquinas de ensinar, assim como, as firmas que as fabricavam, nascem a um ritmo acelerado e morrem quase ao mesmo tempo."

Uma revista americana especializada a "Electronics Industries" estimava para máquinas de ensinar um mercado de cem milhões de dólares na década de sessenta.

Entretanto, as máquinas de ensinar do tipo clássico não mostraram, após diversos experimentos, nenhuma vantagem em comparação com os textos de instrução programada. A rigidez do programa da maior parte das máquinas tornava o processo cansativo e aborrecido, sofrendo por isso rejeição por parte de grande número de alunos. O entusiasmo com o lançamento das máquinas de ensinar teve vida curta. As últimas, antes do computador, no final da década de sessenta, situam-se muito próximas dos computadores. Apresentam estímulos sonoros e visuais,

Capítulo I

aditem alguma criação na resposta, além de serem dotadas de memórias.

As possibilidades do computador para o ensino iniciaram-se com os projetos chamados C.A.I., "Computer Assisted Instruction", nos fins dos anos sessenta, de forma marcante nos Estados Unidos, e mais modestamente na Europa e União Soviética. Os recursos apresentados pelo computador, com muitas posições de memória, terminais para entrada e saída de dados, refinamento dos programas com ramificações praticamente ilimitadas, ultrapassavam em qualidade as máquinas de ensinar tradicionais e os manuais de instrução programada. O computador chega a esta época, com perspectivas muito amplas e pouco claras. Os mais otimistas julgavam-no com possibilidades de simular o professor e suplantá-lo em muitas situações, particularmente, no que tange a registro de controles. A crédito do computador uma das muitas citações dizia que ao interrogar o aluno,

"o computador podia simultaneamente efetuar uma série de medições, permitindo a fixação de parâmetros que conduziriam para um ensino altamente qualificado." (6)

Segundo este autor, entre outras variáveis, o computador poderia controlar:

Capítulo I

- a resposta à pergunta formulada
- a demora da resposta
- o registro dos acertos e erros num conjunto de proposições
- a avaliação pelo aluno de sua própria resposta
- verificação de pré-requisitos necessários para o aprendizado de determinado assunto
- reapresentação de um mesmo assunto inúmeras vezes

A elaboração de um programa de ensino por computador demandava verdadeira legião de especialistas. Entre eles, era indispensável um conhecedor das bases teóricas da educação, um outro que dominasse o conteúdo, com bastante vivência, para responsabilizar-se por precisão e dosagem, enquanto analistas e programadores davam feição final ao projeto, segundo os parâmetros estabelecidos. A equipe ampliava-se conforme a dimensão do problema, como a população a que se destinava (cultura, quantidade, faixa etária etc), profundidade de conteúdo, equipamento a ser utilizado, e assim por diante. O concurso de psicólogos, sociólogos, técnicos em áudio-visuais, estatísticos e outros profissionais especializados passaram a ser frequentes em diferentes fases do desenvolvimento do programa

Capítulo I

associando-se aqui, o computador, normalmente de grande porte.

A subordinação da máquina ao programa estabelece uma relação dirigida, pois de nada adianta um super computador se o programa é medíocre.

O descompasso entre as possibilidades tecnológicas oferecidas pelo computador e o estágio da pedagogia conduziu a projetos como o CAI para utilizar o computador como ferramenta para ensino e investigação pedagógica. O experimentador introduzia, acompanhava e procedia a interpretações estatísticas coletivas ou individuais, numa etapa ou mesmo ao longo de um período de escolaridade. Desta forma podia-se dispor de um "dossiê" completo e atualizado relativo aos alunos, propiciando um direcionamento na determinação de tarefas e de caminhos a seguir. Esta comodidade que o computador proporciona ao professor, liberava-o para atividades mais criativas e menos aborrecidas.

Os sistemas mais complexos fazem apelos à atividade dos alunos no sentido de que perguntas sejam feitas ao computador para pedir esclarecimentos, estabelecendo então verdadeiro diálogo entre a máquina e o aluno.

Alguns projetos, na linha chamada skinneriana, foram desenvolvidos no início da década de setenta. Entre eles, talvez o que se tornou mais conhecido

Capítulo I

foi o PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations), desenvolvido na Universidade de Illinois. O sistema PLATO ultrapassou largamente o estágio experimental e foi a mais importante realização no domínio da CAI. Descrição do Projeto PLATO segundo H.Kay, P. Dodd e M. Sime, publicado no livro de Montmolin (7).

"O centro do sistema é um computador de grande porte que permite o ensino a várias dezenas de alunos, simultaneamente, podendo cada um deles utilizar a máquina e o programa de sua preferência no momento de sua escolha. Uma "lógica de ensino", abrangendo as regras que determinam o processo de aprendizagem, faz parte do programa, inserido na memória do computador. Esta lógica do ensino subdivide-se, segundo os estudiosos de Illinois, em lógica pedagógica ou tutorial e lógica da pesquisa (inquiry). Na primeira, o aluno segue uma sequência determinada de certa matéria. Tem, no entanto, a possibilidade de escolher algumas ramificações. Inicialmente, são-lhe apresentadas informações, depois,

Capítulo I

características específicas recebeu o nome de computador pessoal.

Fazer um resgate histórico rigoroso da soma de contribuições que levou a humanidade do ábaco até o computador, está fora do propósito deste trabalho. No entanto, ficaria incompleto se não houvesse aqui pelo menos o registro das condições que o antecederam (anexo 1).

O Computador no Ensino

O computador passou a ser estudado como instrumento de ensino na esteira da máquina de ensinar. As máquinas de ensinar mecânica ou eletromecânica tinham como características a apresentação da informação contida num programa, recepção e registro das respostas. A correção, no caso de erro, com simples apresentação da resposta correta. As máquinas mais simples, para programas lineares, apresentavam as questões sucessivamente, impedindo retorno. As mais sofisticadas aceitavam programas ramificados, como o Autotutor Mark II, muito usado na Inglaterra na década de sessenta. Os programas eram gravados em microfilmes e uma bateria de botões permitia ao usuário escolher entre as respostas aquela considerada correta. A partir daí e usando basicamente os mesmos princípios, com pequenas variações, a produção destas máquinas cresceu rapidamente.

Capítulo I

As linhas de pesquisa na área da tecnologia de ensino, que haviam experimentado anteriormente um momento de euforia com os recursos audio-visuais, pareciam estar reeditando aquela fase com as máquinas de ensinar. A observação feita por Montmollin (5) referente a esta época conta sobre o entusiasmo com as máquinas de ensinar.

"Os modelos de máquinas de ensinar, assim como, as firmas que as fabricavam, nascem a um ritmo acelerado e morrem quase ao mesmo tempo."

Uma revista americana especializada a "Electronics Industries" estimava para máquinas de ensinar um mercado de cem milhões de dólares na década de sessenta.

Entretanto, as máquinas de ensinar do tipo clássico não mostraram, após diversos experimentos, nenhuma vantagem em comparação com os textos de instrução programada. A rigidez do programa da maior parte das máquinas tornava o processo cansativo e aborrecido, sofrendo por isso rejeição por parte de grande número de alunos. O entusiasmo com o lançamento das máquinas de ensinar teve vida curta. As últimas, antes do computador, no final da década de sessenta, situam-se muito próximas dos computadores. Apresentam estímulos sonoros e visuais,

Capítulo I

admitem alguma criação na resposta, além de serem dotadas de memórias.

As possibilidades do computador para o ensino iniciaram-se com os projetos chamados C.A.I., "Computer Assisted Instruction", nos fins dos anos sessenta, de forma marcante nos Estados Unidos, e mais modestamente na Europa e União Soviética. Os recursos apresentados pelo computador, com muitas posições de memória, terminais para entrada e saída de dados, refinamento dos programas com ramificações praticamente ilimitadas, ultrapassavam em qualidade as máquinas de ensinar tradicionais e os manuais de instrução programada. O computador chega a esta época, com perspectivas muito amplas e pouco claras. Os mais otimistas julgavam-no com possibilidades de simular o professor e suplantá-lo em muitas situações, particularmente, no que tange a registro de controles. A crédito do computador uma das muitas citações dizia que ao interrogar o aluno,

"o computador podia simultaneamente efetuar uma série de medições, permitindo a fixação de parâmetros que conduziriam para um ensino altamente qualificado." (6)

Segundo este autor, entre outras variáveis, o computador poderia controlar:

Capítulo I

- a resposta à pergunta formulada
- a demora da resposta
- o registro dos acertos e erros num conjunto de proposições
- a avaliação pelo aluno de sua própria resposta
- verificação de pré-requisitos necessários para o aprendizado de determinado assunto
- reapresentação de um mesmo assunto inúmeras vezes

A elaboração de um programa de ensino por computador demandava verdadeira legião de especialistas. Entre eles, era indispensável um conhecedor das bases teóricas da educação, um outro que dominasse o conteúdo, com bastante vivência, para responsabilizar-se por precisão e dosagem, enquanto analistas e programadores davam feição final ao projeto, segundo os parâmetros estabelecidos. A equipe ampliava-se conforme a dimensão do problema, como a população a que se destinava (cultura, quantidade, faixa etária etc), profundidade de conteúdo, equipamento a ser utilizado, e assim por diante. O concurso de psicólogos, sociólogos, técnicos em áudio-visuais, estatísticos e outros profissionais especializados passaram a ser frequentes em diferentes fases do desenvolvimento do programa

Capítulo I

associando-se aqui, o computador, normalmente de grande porte.

A subordinação da máquina ao programa estabelece uma relação dirigida, pois de nada adianta um super computador se o programa é mediocre.

O descompasso entre as possibilidades tecnológicas oferecidas pelo computador e o estágio da pedagogia conduziu a projetos como o CAI para utilizar o computador como ferramenta para ensino e investigação pedagógica. O experimentador introduzia, acompanhava e procedia a interpretações estatísticas coletivas ou individuais, numa etapa ou mesmo ao longo de um período de escolaridade. Desta forma podia-se dispor de um "dossiê" completo e atualizado relativo aos alunos, propiciando um direcionamento na determinação de tarefas e de caminhos a seguir. Esta comodidade que o computador proporciona ao professor, liberava-o para atividades mais criativas e menos aborrecidas.

Os sistemas mais complexos fazem apelos à atividade dos alunos no sentido de que perguntas sejam feitas ao computador para pedir esclarecimentos, estabelecendo então verdadeiro diálogo entre a máquina e o aluno.

Alguns projetos, na linha chamada skinneriana, foram desenvolvidos no início da década de setenta. Entre eles, talvez o que se tornou mais conhecido

Capítulo I

foi o PLATO (Programmed Logic for Automatic Teaching Operations), desenvolvido na Universidade de Illinois. O sistema PLATO ultrapassou largamente o estágio experimental e foi a mais importante realização no domínio da CAI.

Descrição do Projeto PLATO segundo H.Kay, P. Dodd e M. Sime, publicado no livro de Montmolin (7).

"O centro do sistema é um computador de grande porte que permite o ensino a várias dezenas de alunos, simultaneamente, podendo cada um deles utilizar a máquina e o programa de sua preferência no momento de sua escolha. Uma "lógica de ensino", abrangendo as regras que determinam o processo de aprendizagem, faz parte do programa, inserido na memória do computador. Esta lógica do ensino subdivide-se, segundo os estudiosos de Illinois, em lógica pedagógica ou tutorial e lógica da pesquisa (inquiry). Na primeira, o aluno segue uma sequência determinada de certa matéria. Tem, no entanto, a possibilidade de escolher algumas ramificações. Inicialmente, são-lhe apresentadas informações, depois,

Capítulo I

são-lhe feitas perguntas a respeito das mesmas. E o próprio aluno que elabora suas respostas em ritmo que lhe convém. Quando considera sua resposta correta, pede apreciação do computador. Se encontra dificuldades para responder uma pergunta, pode decidir orientar-se para uma parte mais fácil. Ou, então, é a lógica do computador que o orientará para um setor mais fácil, em função de seus fracassos em problemas-testes definidos previamente como critérios de orientação.

Enquanto na segunda, a lógica da pesquisa aproxima-se mais de um verdadeiro diálogo homem-computador. Propõem-se ao aluno problemas gerais, característicos da matéria ensinada, o que deve procurar resolvê-los, pedindo ele próprio uma informação complementar adequada, exceto evidentemente, no caso em que se disponha de informações suficientes para responder com exatidão. Passa então á pergunta seguinte. O local de trabalho do aluno compreende um dispositivo eletrônico (terminal) que se

Capítulo I

comunica diretamente com o computador central. Este dispositivo assemelha-se a um teclado de máquina de escrever. As teclas dos caracteres alfanuméricos são idênticas a esse teclado, a qual se acrescentou um certo número de teclas especiais que comandam funções específicas do sistema. Desta maneira cada aluno pode transmitir ao computador palavras, números, frases, expressões algébricas. A informação é recebida através de um vídeo de televisão. Esta informação pode provir de duas fontes: a primeira, o "livro eletrônico" é constituído de dispositivo que o computador pode escolher em função das necessidades; a segunda, "o quadro negro eletrônico" é mais complexo: os símbolos, diagramas ou palavras necessárias ao ensino são registrados na memória, após decomposição pontual segundo coordenadas cartesianas.

Desta forma, vários alunos podem dialogar ao mesmo tempo com o computador, cada qual sobre a matéria de sua escolha. A limitação do número de

Capítulo I

alunos é hoje cada mais um problema econômico e cada vez menos um problema tecnológico. A solução econômica encontra-se, provavelmente, no teletramento e no tempo compartilhado pelos alunos."

Contemporâneo ao Projeto PLATO, desenvolveu-se na França, na Faculdade de Ciências de Paris, uma experiência no ensino de biologia por computador. O sistema dispunha de vinte terminais e previa a resposta elaborada, exigindo uma intensa análise verbal das possíveis respostas. Também, estava implementado o programa que permitia ao aluno solicitar ajuda quando sentisse necessidade. No anexo 2, como exemplo, foi feita a transcrição da lição sobre o estudo da meiose. Esta lição tem doze perguntas. Se a resposta do aluno não for satisfatória, o computador oferece algumas "dicas" e retorna à pergunta. Quando a resposta for correta, o aluno recebe um elogio como estímulo.

O programa prossegue assim, a qualquer resposta errada ou imprecisa há um comentário e o aluno é solicitado a uma nova resposta. Em caso de novo erro, o computador fornece a resposta correta. Após a sessão de estudos com o computador, o estudante recebe a folha que contém o seu "diálogo".

Capítulo I

O computador oferece uma sensível vantagem na aplicação da instrução programada ramificada. A rapidez da nova mensagem estampada na tela, a riqueza de cores sendo implantada, o efeito lúdico do aparente embate com a máquina e a solicitação em termos de ação do aluno são considerados os pontos positivos do ensino por computador nos diversos esquemas da CAI.

Os projetos CAI, juntamente com seus congêneres: "Computer-Managed Learning" (CML) e o "Computer Assisted Learning" (CAL) representam provavelmente, o estágio mais avançado de aplicação da teoria de Skinner.

Uma outra versão para o computador no ensino foi dada por Papert. O trabalho do Dr. Seymour Papert e sua equipe do Massachusetts Institute of Technology (MIT), o "Laboratório de Inteligência Artificial", enfoca o uso do computador para auxiliar na aprendizagem e desenvolvimento intelectual de crianças em idade de escolaridade elementar. De seus esforços, surgiu uma nova linguagem de programação, o "Logo". Papert parte do seguinte princípio: a criança programa o computador e não o contrário, e admite que a presença do computador altera de forma dramática o ambiente de aprendizagem. Em sua obra "Mindstorms", afirma que a "criança pode programar o computador mais do que este a criança". Ao computador, Papert atribui a capacidade de "concretizar o formal" num processo de ensino. Apoiando-se em Piaget, pretende com o projeto "Logo" transformar a

Capítulo I

educação formal de produto em processo, colocando a criança no papel de epistemólogo.

Segundo seus criadores, o "logo" opõe-se em alguns aspectos ao ensino formal, principalmente no que se restringe a ensinar habilidades como ler, escrever ou decorar tabuadas.

Nesse sistema, aprende-se que o aluno desenvolve a habilidade de aprender por si só, envolvendo a construção de modelos mentais do mundo e do próprio processo de aprendizagem. O computador é introduzido para crianças em idade pré-escolar. Para essa introdução, Papert (8) considera:

"Embora as crianças consigam aprender sua língua nativa com espetacular facilidade, muitas delas têm grandes dificuldades em aprender uma língua estrangeira nas escolas, reduzindo o aprendizado a escrever versão de sua própria língua sem nenhum sucesso.

Como é melhor aprender linguagem de computação? Por um processo complicado como aprender uma língua estrangeira ou como se aprende a própria língua? A dificuldade que a maior parte das

Capítulo I

... pessoas sentem em aprender matemática não estaria ligada a este problema?"

... Suas idéias centram-se no fato de que um computador com "design" especial é capaz de comunicar-se de uma forma "natural", vivenciando-se o computador e não se ensinando o computador. Aprendida esta comunicação, o computador pode mudar o caminho inicial dando lugar a outra forma de aprendizado. O computador pode ser um ente que "fala" matemática ou alfabetiza. Papert profetiza:

"Nós estamos aprendendo como fazer um computador com o qual as crianças gostem de comunicar-se. Quando esta comunicação ocorrer as crianças aprenderão matemática como se estivessem vivendo a própria língua."(9)

Na tentativa de instrumentalizar estas idéias, as crianças brincavam com pequenos robôs, chamados de "tartaruga". E através da vivência iam descobrindo as potencialidades da "tartaruga", e desenvolvendo as suas próprias, estabelecendo uma relação de domínio sobre a máquina. E por esta razão, ao deixar o robô e começar a trabalhar efetivamente com o computador, o cursor no vídeo continuava a ser chamado de "tartaruga". Desta forma, o computador comporta-se como extensão do robô, e a passagem

Capítulo I

de uma para outra forma deve ocorrer de modo natural, sem rupturas.

"Eu tomo o modelo de Jean Piaget, da criança como contrutora de suas próprias estruturas intelectuais. Parece ser uma dádiva inata a aquisição de conhecimentos antes mesmo de frequentar a escola por processo que donomina aprendizado sem ser ensinado." (10)

Papert conjectura que a criança estará cada vez mais próxima do computador no futuro, e muito daquilo que hoje é visto como formal ou matemático, será ensinado mais facilmente devido a esse convívio.

Os grandes projetos do computador no ensino, da década de setenta, de forma bem ampla, podem ser colocados em dois grandes grupos quanto às linhas filosóficas, psicológicas e didáticas. A maioria seguiu o esquema do sistema CAI, ou skinneriano, e outros se enquadraram dentro do que se pode chamar de sistema de Papert, ou piagetiano. Dentro do sistema CAI, alguns grupos que iniciaram suas pesquisas dentro de instituições escolares acabaram por constituir-se em empresas especializadas em preparação de cursos para transmissão de conhecimento e treinamento. Uma dessas empresas oriunda da Universidade de IOWA, chamado Conduit, chegou a atender aproximadamente

Capítulo I

trezentas faculdades e universidades desde o planejamento de cursos até a organização e teste do material a ser utilizado.

De modo simplificado, algumas das práticas com o computador, tornadas corriqueiras, resultado desses grandes projetos, podem ser assim explicitadas:

1.- Exercício e Prática: É a abordagem do computador assumindo o papel de gerador de exercícios e treinos, atendendo alguns aspectos da instrução, tais como: tomar tabuada de alunos, resolver equações de segundo grau, ou ainda, conjugação de verbos. Nestes programas, estão associados convenientemente aspectos lúdicos e reforçadores.

"O computador sabe que errar é humano e é capaz de esperar horas pela resposta correta... e ainda elogiar." (11)

2.- Diálogo e tutoria : neste tipo de programa, o computador "conversa" com o aluno e age como verdadeiro professor. Apresenta a informação em forma de instrução programada ramificada permitindo ao aluno saltar partes da instrução quando acerta determinado número de questões, e oferece instrução alternativa quando o aluno ultrapassa um número inaceitável de erros.

3.- Banco de dados: O computador funciona como biblioteca, com acesso rápido a determinado

Capítulo I

tema fixado inicialmente, dando exemplos, "dicas", conjuntos de materiais instrucionais, ou ainda, bibliografia.

4.- Solução de problemas: problemas genéricos podem ser programados, em que o aluno entra com seus dados particulares, testando suas respostas. Trata-se de um ensaio teórico estático, permitindo-lhe, até certo ponto, simular soluções. Essa capacidade quando demonstrada pelo aluno, " serviria como indicador de aparecimento de "insight"". (12)

5.- Simulação e modelo: "A simulação de modelos no computador, embora não substitua o texto didático, o laboratório e as aulas práticas representa um recurso pedagógico e uma técnica didática de grande valor, propiciando ao estudante um meio dinâmico e eficiente de aparecimento de "insight" sobre o comportamento de sistemas multivariados e complexos. Outra possível vantagem como técnica de ensino é a possibilidade de que pessoas com pouca habilidade matemática dificilmente seriam capazes de realizar, ou mesmo entender, no trato com modelos quantitativos." (12)

Sabattini (12) distingue dois tipos de modelos a serem simulados. No primeiro, o aluno interage como usuário com um programa previamente preparado, sendo dispensados conhecimentos relativos à computação. O modelo é

Capítulo I

apenas um instrumento de ensino, com conceitos específicos, ele simula experimentação com o modelo. No segundo, o estudante deve conhecer os fundamentos teóricos e matemáticos, a forma adotada para implementação e o próprio programa de simulação.

Quanto ao sistema "Logo", criado por Papert, tem-se conhecimento de que na Unicamp um grupo vem trabalhando em projeto envolvendo esta técnica de ensino, desde 1979.

No Brasil, mais precisamente nas escolas de primeiro e segundo graus de São Paulo, o microcomputador entrou com três tendências distintas. Uma com o propósito de ser usado como instrumento de ensino; outra com objetivo de iniciar a formação de profissionais para a área de informática, e uma terceira situação, associada ao modismo, sem objetivo claro, foi constatada em número significativo de escolas. Em alguns casos, isto aconteceu por "doação" de associação de pais, ou ainda, como elemento de propaganda para atrair uma maior clientela.

O emprego do microcomputador no ensino, em São Paulo, ficou bastante restrito conforme declarações dos participantes no simpósio do Instituto de Matemática e Estatística - USP (anexo 4). Muitas escolas dispunham do microcomputador, entretanto o uso de forma sistemática, em programas educativos bem determinados praticamente não

Capítulo I

ocorria em nenhuma instituição ali representada. Este fato deve ser limitado, provavelmente devido à forma como foi introduzido em grande parte das escolas - por modismo. Sem ser precedido de planejamento, acabou sendo instalado, e ao professor, como fato consumado, restava tentar usá-lo.

Assim é que a escola A e B (13) "premiavam" os bons alunos, permitindo-lhes "mexer" no computador durante as épocas de recuperação (14) dos demais alunos; outras escolas, C e D, ofereciam como estímulo o curso de "Basic" aos melhores alunos classificados nas provas do bimestre.

A inexistência de troca de informações neste campo e um certo "segredo" cercando as poucas pesquisas realizadas de forma independente, tem impedido que eventuais resultados considerados satisfatórios possam ser difundidos, testados em outros ambientes e generalizados.

Na década de setenta, conforme já citado, projetos de vulto foram elaborados para o ensino com o computador de porte. O vasto acervo deixado por eles não pode ser ignorado. Nos países desenvolvidos, a adaptação fez-se rapidamente, tarefa para a qual pelo menos dois colégios, H e I, têm-se orientado.

Os trabalhos em simpósios ou congressos (15), tem-se caracterizado como singularidade dos grandes

Capítulo I

projetos. A inovação tem se dado mais a nível de conteúdo do que de forma.

Este trabalho, seguramente, não escapará dessa assertiva. Algumas das hipóteses tidas no início deste trabalho, começam a aparecer em anais de simpósios e congressos.

Algumas Experiências no Brasil

No Brasil, o governo pronuncia-se interessado em estudos nesse campo, conforme afirma Múcio Dória (16), presidente da SEI - Secretaria Especial de Informática, em 1984/85. Nesse sentido, alguns projetos já foram desenvolvidos, outros se encontram em andamento, sempre baseados em computador de grande porte.

O sistema CAI vem sendo desenvolvido em algumas experiências; na Universidade Federal do Rio de Janeiro sobre avaliação formativa; na UNICAMP, as pesquisas voltaram-se para o uso da Linguagem LOGO junto a crianças; na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, através do Centro de Processamento de Dados, vêm-se desenvolvendo, há cinco anos, práticas em ensino e avaliação formativa. A experiência foi implementada em sistema chamado SISCAI (Sistema CAI), que gerencia conteúdos através de um terminal de vídeo. Os alunos do curso de graduação, cerca de um mil e quinhentos por semestre, da disciplina de processamento de

Capítulo I

dados, com turmas de cinquenta a sessenta alunos tinham no computador uma ferramenta auxiliar do professor'. Klein (17) afirma:

"Os alunos têm demonstrado grande interesse nesse tipo de atividade de integração com o computador, não só porque eles mesmos controlam a ordem em que desejam estudar os conteúdos, como também pela paciência com que o computador os atende repetindo sempre que necessário. Também é um fator atrativo, a sensação de domínio que o aluno tem sobre a máquina, uma vez que percebe que é muito mais simples operar com um terminal para obter o material instrucional do que recorrer a uma biblioteca, por exemplo. As avaliações são do tipo somativa, ou seja, ao mesmo tempo em que o aluno está sendo avaliado, está recebendo realimentação de conteúdos, elucidando assim suas dúvidas. É importante ressaltar que a grande finalidade do uso do sistema CAI tem sido a melhoria da qualidade do ensino, através do atendimento

Capítulo I

indiviadualizado do aluno, no seu próprio ritmo, dando os esclarecimentos necessários solicitados quantas vezes ele desejar. A utilização do SISCAI pelos professores da Divisão Acadêmica, como apoio ao conteúdos desenvolvidos em sala de aula, vem crescendo ao longo destes três anos de uso. O interesse por parte dos alunos, quer pelas notícias que obtém através de colegas, quer pela melhoria em seu desempenho durante a realização em aulas normais ou naquelas assistidas pelo computador. Isto tem gerado uma demanda bem maior do que a esperada quando do desenvolvimento do sistema como mais uma ferramenta de ensino. Na atual versão do SISCAI (março/83), implementado num computador Burroughs B-6700, cada aluno dispara uma tarefa independente controlada por um programa principal. Com a crescente demanda, o número de terminais disponíveis para os alunos vem aumentando gradualmente, o que ocasiona alguns problemas em termos de rendimento da máquina. Outros problemas têm surgido

Capítulo I

pelo fato do sistema estar implantado numa máquina de grande porte. O tempo de resposta muitas vezes é prejudicado pelos outros sistemas que rodam, em paralelo, sobrecarrega a máquina, pois esta máquina não se dedica exclusivamente ao ensino."

Para enriquecer este relato serão incluídos alguns experimentos controlados, utilizando o computador como recurso instrucional desenvolvidos aqui e no exterior. Entre estas tentativas estão as de Sabatini, em Ribeirão Preto e Santa Rosa (18), no Rio Grande do Sul e algumas experiências isoladas que ainda estão em andamento. Deve-se ressaltar que em muitos setores o computador tem uso exclusivo no campo da pesquisa. Com o advento dos microcomputadores, possivelmente, ter-se-á oportunidade de novas experiências neste setor. No Instituto de Física da USP, uma experiência em grande escala foi feita através da adoção de um texto básico de Física (19), cujo desenvolvimento prevê a utilização da computação como elemento que permite ao estudante resolver problemas programados.

Contudo, o computador de porte continua sendo problema para uso no ensino, face a nossa realidade:

Capítulo I

alto custo, manutenção cara, excessivamente centralizado, e mesmo falta de recursos humanos. O Prof. Macedo (20) coloca o microcomputador como alternativa, desenvolvendo o CAIMI (CAI para microcomputadores) possibilitando o uso máquina exclusivamente para o ensino. Esse projeto, CAIMI, deve ter entrado em fase de testes em agosto de 1983, e quando viabilizado, servirá inclusive para o treinamento de professores na elaboração de cursos através de microcomputadores.

No plano computacional, destaca-se ainda a tendência do uso de micros como máquinas de ensinar representando além de vantagens econômicas, facilidades para o desenvolvimento interativo do "software" ligado ao ensino, ajustando-o passo a passo às especificações do usuário. Quanto a este aspecto, Suelene declara:

"Porém mais importante que o meio utilizado - o computador - é o fim a que esta utilização se destina, aprimorar o ser humano. Não se podem revelar os aspectos psicológicos e pedagógicos do processo, num deslumbramento pela tecnologia, tornando-se esta um fim e não um meio. Assim a informática deve ser aplicada á educação considerando-se,

Capítulo I

igualmente, a tecnologia informática e os aspectos psico-pedagógicos necessários."

O Aluno e o Computador

Como inter-agir com o Computador?

No simpósio realizado na França em julho de 1983, em La Londe les Maures, algumas experiências interessantes foram relatadas.

Os professores do departamento de Física do Dartmouth College (21), em New Hampshire, Estados Unidos, berço da linguagem "Basic", experimentaram o computador para resolver as tarefas dos estudantes. Os problemas eram de mecânica e exigiam que os alunos usassem diferentes aproximações nas leis de movimento de Newton. O problema introdutório consistia na determinação da altura máxima de um projétil em função da inclinação e da velocidade de lançamento, para os casos de desprezar-se a resistência do ar; de considerar-se à resistência do ar como proporcional a velocidade do projétil e finalmente, considerando a resistência do ar proporcional ao quadrado da velocidade do projétil. A solução destes problemas via computador, requeria, evidentemente, um conhecimento e um desempenho tanto em programação, como em física. A isto soma-se a necessidade do domínio de técnicas de aproximações numéricas

Capítulo I

para refinamento de resultados e eventuais traçados de gráficos.

A par destas dificuldades enumeradas pelos professores do Dartmouth College, há outras como o caráter discreto dos fenômenos naturais quando tratados pelo computador. Isto pode, inclusive induzir os alunos a escrever programas que tenham propriedades derivadas de um impróprio manuseio do modelo gerado pelo computador, e acaba por quantificar aquilo que é contínuo.

Uma segunda forma de produzir-se a interação do aluno com o computador foi desenvolvida na Universidade de Illinois (22) pelo grupo Plato, sob orientação dos professores Dan Alpert, D. Bitzer e Bruce Sherwood do Departamento de Física. Um número de pessoas interessadas em curso introdutório de Física passavam a usar programas tutoriais, escritos por especialistas da Universidade. Também era permitido aos seus alunos elaborarem seus "softs", normalmente modestos, limitados, situados num plano muito elementar.

Um tipo diferente de esforço nesta área foi de Edwin Taylor, no "Education Research Center" do MIT. Foi elaborado um programa chamado "spacetime diagram" para o estudo da relatividade especial. Não era um programa desenvolvido pelo aluno e nem do tipo tutorial. Nele o computador funcionava como uma espécie de "solucionador" de

Capítulo I

problemas. Com ele alguém poderia resolver todos os problemas uni-dimensionais de relatividade restrita. Este programa foi considerado muito importante do ponto de vista histórico e precursor de uma corrente de pesquisa do uso do microcomputador no ensino, rompe com a tradição onde o computador só era admitido para ser usado por um número restrito de alunos, que compreendessem satisfatoriamente o programa. Entretanto poucos membros docentes estavam dispostos a incorporar em seu repertório uma ferramenta que poderia ser usado sómente por uns poucos alunos.

L. Schwartz (23) comenta esse trabalho, no congresso havido em La Londe Les Maures, da seguinte forma:

"Taylor através do MIT num trabalho mais recente, foi também o responsável pelo desenvolvimento de um programa que podia manter uma conversa entre um estudante e um computador, sobre a sincronização simultânea dos relógios. O programa usa um sistema não específico para o ensino de alunos. É verdade que muitos progressos têm sido feitos no desenvolvimento de programas avançados e sua aplicação através da inteligência

Capítulo I

artificial para problemas de complexidade variada. Nos sistemas avançados para educação, parece-me que todas as dificuldades fundamentais, como motivação, são superficiais. Naturalmente esta passagem não está resolvida. Entretanto, devemos reconhecer que a utilização dos sistemas avançados na educação requer um conhecimento básico profundo, bem como os possíveis estados cognitivos do estudante e as transformações entre estes estados."

Ao lado das formas institucionalizadas, as pessoas e particularmente os alunos vêm interagindo com o microcomputador por curiosidade, modismo ou outros motivos, em um número cada vez mais significativo. Este procedimento, sobre o qual não há informações, apresenta, entretanto, resultados visíveis na escola, conforme já foi relatado. Outra forma pela qual as pessoas se vêm interagindo com a máquina é através de jogos, apenas como lazer.

O Computador na Escola

Capítulo I

A possibilidade do uso do computador no ensino começou a ser investigada nos países ricos logo após seu advento. Com o surgimento do microcomputador, essa perspectiva abriu-se também aos países do terceiro mundo.

As características do microcomputador, a começar pelo custo e relativa simplicidade de operação, acabaram por popularizar seu uso de refinada tecnologia. Este aparelho versátil passou a estar presente na micro empresa, junto aos profissionais liberais e nas residências de classes média e alta.

O entusiasmo com que se vêem abertas as perspectivas para o computador no ensino, deve vir embasado com o devido lastro teórico e experimental, de forma que este instrumento, afigurando-se poderoso, não caia no descrédito, devido a experiências mal sucedidas ou mal planejadas. A advertência de Watson (24), quanto a fatos ocorridos nos Estados Unidos em 1983, deve ser lembrada.

"Na educação, antes da Universidade, a decisão de incorporar computadores na instrução feita frequentemente a nível de bairros ou divisões, a exemplo de algumas escolas públicas, pelo menos um microcomputador tem sido colocado sistematicamente em escolas de nível secundário. Infelizmente a aquisição de

Capítulo I

"hardware", especialmente a nível pré-universitário, não parece estar bem estruturada. Sem apoio ou programas de treinamento de professores, também não há disponibilidade de "software" adequado ou pacotes de cursos. Por exemplo, em uma escola pública primária que havia recebido um microcomputador, não havia ninguém preparado para usar a máquina, isto até que uma mãe de aluno, tecnicamente treinada e possuindo seu próprio microcomputador, foi contratada para administrar cursos após o período de aula. Alunos, professores e pais se matricularam para o curso e aprenderam práticas de programação elementar básica. A mulher foi capaz de conduzir o curso somente por um ano e os professores, então incorporaram o uso do microcomputador em salas de aula num nível muito limitado."

Outros autores, como Winner e Mothe (25), entretanto, consideram o computador como fato consumado, expressando-se:

Capítulo I

"Parece-me que a questão relativa às escolas não devesse apenas ser "Como nós ensinamos com computadores?" Mas sim "Qual é, dada a existência de computadores, a iniciativa educacional?" A presença desta tecnologia necessita de ação decisiva dos educadores. Por um lado, as escolas não estão isentas da revolução do "microchip". Alunos, deixando as escolas, irão encontrar computadores em cada fase de suas vidas e conseqüentemente precisam estar preparados para lidar com eles. Ao mesmo tempo, estarão entrando em escolas tendo já sido participantes da revolução do computador e as escolas precisam certificar e garantir este fato."

O surgimento do microcomputador recentemente no mercado reaquece as pesquisas sobre seu uso no ensino. Devido ao seu noviciado, dispõe-se de poucos resultados concretos e de muitas opiniões conflitantes. Envolto nesse ambiente, pretende-se, conforme estabelecido em hipóteses anteriores prestar, dentro de situações restritas, alguma contribuição.

UM EXPERIMENTO EMPIRICO COM O MICROCOMPUTADOR NO ENSINO

O microcomputador foi introduzido aos alunos com a pretensão inicial de instruí-los em linguagem "Basic", de forma sucinta e prática. Para cada aula, ministrada uma vez por semana, eram distribuídos textos (anexo V), informando sobre o significado de cada instrução, seguido de exemplos de aplicação. Com isto o aluno deveria familiarizar-se com o equipamento, ao mesmo tempo que observava o efeito da instrução estudada. Dispunha-se, então, nesta época, em 1984, de dez microcomputadores, linha TK-85, de 16 kbytes da Microdigital, dotados do chamado "teclado inteligente", com as instruções gravadas nas teclas. Tinha-se também, um outro micromputador, tipo "APPLE II" americano, equipado com duas unidades de disco flexível de 5 e 1/4 de polegadas, impressora e vídeo de fósforo verde.

Descrição

O grupo de trinta e cinco alunos, dez do sexo masculino, do segundo colegial A havia feito opção pela área de exatas. Naquele ano (1984), dezoito alunos completavam dezessete anos, dois dezoito anos e quinze alunos dezesseis anos. Entre eles, cinco dispunham ou adquiriram microcomputador naquele ano, e dois deles, trabalhavam com o microcomputador com certo desembaraço.

Capitulo II

Segundo Colegial A - Exatas - 35 alunos	
Sexo	* masculino : 10 * feminino : 25
Aluno / Idade	
15 alunos / 16 anos	I 18 alunos / 17 anos
2 alunos / 18 anos	
Acesso anterior ao microcomputador / número de alunos	
- nunca tiveram	/ 22
- menos que cinco contatos	/ 7
- com frequência (programou ou executou)	/ 6
- domina razoavelmente a linguagem "Basic"	/ 2

Quadro II-1

Os alunos distribuíam-se em grupos de três para uso de um microcomputador durante as aulas, e tinham o acesso livre fora deste período. Enfatizava-se, no início de cada aula, a respeito da necessidade de que todos fizessem uso do microcomputador. O equipamento deveria ser usado por todos os membros do grupo, sem que houvesse exclusividade. O controle dessa exigência era muito difícil, apesar do auxílio prestado por monitor.

Em média, eram usados de três a quatro minutos para exposição sobre o assunto correspondente àquela aula. Uma rápida revisão do texto, para eventuais correções, servia para dirimir dúvidas e orientar os trabalhos. Conforme pode ser verificado no anexo V, os textos funcionavam basicamente como manuais, finalizados com uma série de exercícios ou problemas, envolvendo

Capítulo II

exclusivamente os assuntos em estudo e os já vistos em aulas anteriores. Os exercícios propostos versavam normalmente sobre conteúdos já estudado. Havia uma tarefa mínima a ser cumprida em aula, e outra extra-classe, constituída de exercícios terminais do texto. Estes exercícios deveriam ser feitos individualmente, passados pelo microcomputador (impressora), entregues para correção, e posteriormente eram devolvidos aos alunos. Alguns exemplos ilustrativos encontram-se no anexo VI.

Para verificar a validade das hipóteses de trabalho estabelecidas, após analisar boa parte do acervo referente ao microcomputador no ensino, pode-se definir com alguma clareza procedimentos considerados compatíveis com a realidade brasileira. Bem como descartar outros considerados inviáveis. Foi então adotada a seguinte estratégia.

Inicialmente os alunos deveriam adquirir conhecimento rudimentar de linguagem de computação e algum desembaraço em manusear o microcomputador. Os textos das aulas (anexo V) enfocavam permanentemente exercícios de Física, dando ênfase a determinada instrução de programação. Com isto eram mantidas em tela as hipóteses H.1, H.2 e H.3. Havia também a expectativa de que o conhecimento acumulado pudesse conduzir o aluno, num outro instante, à prática chamada de simulação. Nela um determinado fenômeno físico poderia ser analisado sob os mais diversos aspectos com a

Capítulo II

simples alteração de parâmetros. A realização ou não da simulação pretende-se verificar conforme proposto em H.5.

Os textos contendo as instruções visavam permitir que o desempenho desejado fosse alcançado por parte dos alunos, ou seja, que os rudimentos de programação fossem aprendidos. Paralelamente eram inseridos, como aplicação, exercícios de física supostos de solução conhecida por eles. Tratava-se de problemas básicos de cinemática ou dinâmica, do programa do primeiro colegial.

Apresentado formalmente o microcomputador aos alunos no primeiro semestre de 1984, as dificuldades começaram a surgir em um nível muito acima do previsto, tais como o desconhecimento do teclado, as dificuldades em problemas supostos conhecidos, a resistência a uma atividade não constante no currículo oficialmente, a heterogeneidade do grupo com alunos tendo domínio razoável do microcomputador. Muitos ajustes foram necessários para superar certas situações. Uma delas chamou a atenção, levando a formular a hipótese H.4.

No desenvolvimento do curso, cinco grandes trabalhos, chamados de projetos, foram formulados. Nesses "projetos" eram solicitados todos conhecimentos tratados até então, em termos de programação ou conteúdo de física. Salvo um deles, o empuxo, em que o conteúdo de física não havia ainda sido tratado em aulas teóricas.

Capitulo II

Eis os projetos:

1-Encontro de dois corpos em movimento.

2-Equilíbrio de corpos em planos inclinados, em função do coeficiente de atrito e ângulo de inclinação.

3-Identificação de trajetórias em movimentos retos, curvos e circulares.

4-Lei de Arquimedes: O Empuxo.

5-Situação de equilíbrio ou de movimento com ou sem aceleração de três corpos ligados por cabos, em função das massas e do eventual coeficiente de atrito.

As hipóteses sobre a possível contribuição para melhorar e ampliar a compreensão de determinados conceitos, e também a concretização de conceitos formais poderiam ser verificados através dos exercícios sugeridos.

A qualidade do programa, levando-se em conta sua abrangência e suas restrições para as situações limites, constitui-se em parâmetros a serem observados. Depois do programa elaborado, o tratamento dos dados e a

Capitulo II

possível discussão da resposta, seriam outras informações importantes a serem consideradas.

As inter-decorrências do curso e execução dos projetos serão agora analisados. De início serão apresentados duas situações, problema de encontro e de empuxo, julgados como provocadores de ocorrência de "insight".

"A Elaboração de Programa para o Microcomputador favorece o aparecimento de "insight"

A avaliação dos trabalhos desenvolvidos no microcomputador era feita através da apresentação das listagens correspondentes aos exercícios solicitados. Entretanto, a apresentação pura e simples de uma listagem trazia inúmeros inconvenientes. Um programa tem normalmente a marca pessoal de quem o desenvolveu, caracterizado pela orientação do raciocínio na sua consecução. A tarefa de decodificar um programa pela listagem é extremamente aborrecida, principalmente com os inúmeros "loops" produzidos principalmente pelas instruções "GO TO" e "IF...", abundantemente usadas em "BASIC". O entrelaçamento nestes programas costuma ser de tal ordem, que o autor Gonick (26) chamou-o em seu livro de "a sopa de espaguete". Por esta razão passou-se a exigir, acompanhando o programa, o "fluxograma" ou "diagrama de blocos". Através dele havia

Capitulo II

condições de observar a linha de raciocínio desenvolvida pelo aluno, e facilidade de discutir as dúvidas. O diagrama de blocos inserido para facilitar a interação com a máquina, dado seu caráter de organização e lógica, permitiu evidenciar a dificuldade de tornar transparente o raciocínio de certos alunos. Em alguns casos, os elementos disponíveis para a entrada eram confundidos com aqueles a serem usados no processamento ou mesmo na saída, como resultado. Chegando-se ao extremo de propor-se para serem calculados elementos que no problema apareciam como dados. A exigência da elaboração do diagrama de blocos antecedendo a programação diminuiu sensivelmente esse tipo de desacerto, além de ter trazido um produto considerado muito importante - o aparecimento do "insight". A sistematização exigida pelo programa associado ao diagrama de bloco, impôs um bom nível de organização para o aluno, induzindo-o diante do novo aparato a lançar-se em generalizações no contexto do problema. Isto foi observado de forma muito evidente com dois alunos em situações distintas.

A primeira delas aconteceu na elaboração do programa para o seguinte problema:

"Dois veículos trafegam em uma estrada que permite mão nos dois sentidos. Faça um programa que em função das velocidades V_1 e V_2 ; das eventuais

Capitulo II

posições iniciais, apresente como saída (resultado) respostas do tipo: os veículos encontram-se no instante t' a... metros (km) da posição inicial do primeiro veículo. Considerar as velocidades constantes, a estrada reta, e o estudo dos movimentos a partir do instante $t = 0$."

Habitualmente os alunos pressupõem, na solução de exercícios, uma única possibilidade que é aquela em que os móveis têm movimentos opostos. Como estes exercícios se situam mais na área de conhecimento do que na de análise, classificados segundo a Taxionomia de Bloom, vindos com todas as informações muito bem definidas, os alunos não se sentem solicitados a generalizações. Um mesmo problema, no qual se afirma que os corpos se movimentam no mesmo sentido, é visto como sendo um novo problema pelos alunos. Entretanto, a elaboração de um programa é antecedida de profunda análise, dadas as exigências de generalização que deve conter. O problema deve ser equacionado em toda a sua dimensão. Por esta razão, seu tratamento é necessariamente algébrico e a atribuição de valores às variáveis, na execução do programa leva a soluções compatíveis ou absurdas que devem ser previstas. Esta discussão de hipótese ocorre com a esquematização do diagrama de blocos. Quando um aluno apresenta de forma

Capitulo II

distinta da classe, acompanhado do programa e respectivo diagrama de blocos o seguinte comentário:

"...mas todos os problemas de encontro são resolvidos do mesmo jeito."

Esta conclusão pareceu ser mais que a simples reunião de partes. Antes dessa afirmação explosiva, o aluno havia montado três equações, que resolvia a questão de forma independente. Eram consideradas tres hipóteses.

- os corpos movimentavam-se em sentidos opostos.
- os corpos mavimentavam-se ambos para a direita.
- os corpos movimentavam-se ambos para a esquerda.

As duas últimas hipóteses dependem das velocidades relativas e na primeira " sentidos opostos " não significa necessariamente encontro. Este aluno, num determinado instante, percebeu que o encontro dependia exclusivamente das posições iniciais e das velocidades, reescrevendo as três equações em uma só. A solução completa apresentada pelo aluno está no anexo 7.

Esta ocorrência pareceu encaixar na situação que Bloom considera como sendo aparecimento de "insight".

"...um processo de trabalhar com elementos, partes etc. e combiná-los para que constituam uma configuração ou

Capitulo II

estrutura não claramente percebida antes. Em geral, implica em recombinação de partes examinadas em experiência anterior com materiais novos, reorganizados em um todo novo e bem integrado. Esta categoria do domínio cognitivo em que se proporcionam ao aluno maiores oportunidades de desenvolver um comportamento criador..." (27)

Muito embora o autor faça reservas quanto ao termo criador, este não é o fulcro da questão, mas sim o rearranjo da situação que permitiu ao aluno, num determinado instante do processo, com meios e materiais diversos (microcomputador, diagrama de blocos, etc), provindos de outras fontes, e elaboração de uma configuração não observada anteriormente. Também a forma "explosiva" como ocorreu fez pender para uma caracterização de "insight", tendo em vista o domínio manifestado da compreensão das relações essenciais envolvidas na questão.

A teoria de ensaio e erro poderia ser também invocada para explicar diversos comportamentos observados. No confronto com o novo problema, como o aluno procede?

Capitulo II

"O psicólogo do estímulo-resposta acha que ele convoca os hábitos passados apropriados para o problema novo e responde quer de acordo com os elementos que o problema novo tem em comum com outros familiares, quer de acordo com os aspectos da nova situação que são semelhantes a situações já encontradas. Se isto não o leva à solução, aquele que aprende recorre ao ensaio e erro, trazendo do seu repertório de comportamento uma resposta atrás da outra até que o problema seja resolvido." (28)

E provável que parte da atividade deste aluno tenha se desenvolvido, até um determinado ponto, também com as características da teoria do ensaio e erro. Como aliás deve ter acontecido com a grande maioria dos demais alunos. Isto foi verificado através de soluções apresentadas. Eram de soluções particulares apesar de variadas. Embora as condições fossem as mesmas para todos os alunos, apenas um chegou ao entendimento e generalização que o problema permitia.

Capitulo II

O quadro II-2 resume em cinco grandes blocos em que foram enquadrados os diversos tipos de resultados apresentados.

=====	
RESULTADOS	/ Número de alunos
=====	
1- Não conseguiram programar	/ 9

2- Solução considerada trivial - movimento com velocidades opostas - encontro frontal	/ 13

3- Solução com duas possibilidades de encontro - uma idêntica ao item anterior e outra com movimentos de velocidades no mesmo sentido.	/ 8

4- Solução com três possibilidades - uma idêntica ao item 2, outras duas supondo ambos os movimentos para a direita ou para a esquerda.	/ 4

5- Solução completa, sintética prevendo todas as possibilidades de encontro ou não.	/ 1
=====	

Quadro II-2

Nos anexos 8 e 9, encontram-se alguns diagramas de blocos e os respectivos programas.

Outra situação caracterizada como aparecimento de "insight" ocorreu num outro instante, quando foi proposto um problema que envolvia a Lei de Arquimedes, assunto este não tratado em aulas teóricas.

A estratégia agora posta em prática consistia em dar informações gerais e solicitar que o aluno, através de pesquisa, chegasse à solução do problema usando preferencialmente seus próprios recursos. Esperava-se

Capitulo II

que o microcomputador gerasse motivação para a busca da solução.

Todavia os fatos não ocorreram bem assim, razão porque neste ponto cabe abrir um parêntese.

Desde o início tinha-se a preocupação com a avaliação de como este programa, como um todo, iria processar-se. Foram promovidas algumas mudanças para reajustes, conforme já se teve oportunidade de relatar. Contudo o projeto empuxo, o quarto da série, não permitia mais ignorar uma situação que foi ficando cada vez mais patente - estava-se a frente de dois problemas: o microcomputador e a Física. Alguns alunos manipulavam o microcomputador com relativa facilidade, mas sentiam enorme dificuldades no aprendizado da Física. Outros, ao contrário, entendiam os exercícios de Física, embora não tivessem um desempenho satisfatório em realizar o programa.

Isto trouxe com frequência, turbulência nas aulas de computação com muitos questionamentos sobre a obrigatoriedade do curso, por parte daqueles que se sentiam incapazes de programar as soluções dos exercícios. Outro grupo de alunos solicitava que as aulas de computação fossem em maior número mas desvinculadas da Física. Apenas uma parte, 20% dos alunos, concordava que o procedimento deveria ser aquele mesmo. e também havia o controle de influências externas, como por exemplo, a ajuda por parte de

Capitulo II

irmãos, primos, namorados, amigos e outros. O ambiente dos alunos do Colégio Pio XII, caracterizado por cultura de alto índice de escolarização, torna a consulta a áquelas pessoas muito fácil. Esta observação tornou-se clara em diversos casos, quando o programa apresentado fugia completamente das características das discussões em classe. Muitas vezes, com instruções e comandos que não haviam sido desenvolvidos e nem seriam durante o curso, "elaborados" por alunos que tinham comportamento historicamente não satisfatório, tanto em Física como em Computação. Nos casos de possível detecção, submeteu-se o aluno a uma bateria de questões relativamente ao problema, segundo seus dois ângulos, programação e conteúdo Físico. Rapidamente, o aluno revelava o verdadeiro autor da "obra". Como o trabalho era desenvolvido em grupo, estes inconvenientes acabavam por afetar diversos alunos. Durante a aplicação do projeto, alguns alunos adquiriram microcomputadores, e solicitaram indicações de cursos para melhorar seus conhecimentos.

A medida que se conheciam esses novos fatores, as observações para efeito de avaliação deveriam ser reformuladas. Contudo, estimar em que nível se dava a interferência dessas variáveis era, na prática, impossível. Com isso a qualidade da avaliação inicialmente fundamentada na elaboração do programa ficava prejudicada. O controle estava cada vez mais precário.

Capitulo II



Algumas variáveis de início bem controladas começavam a sofrer influências cujas dimensões não se podiam avaliar. Explicitando melhor: os alunos frequentavam o laboratório para executar, tirar dúvidas, ou mesmo, preparar seus trabalhos em período extra-escolar. Para uso do microcomputador inscreviam-se numa agenda reservando o seu horário. As dúvidas de rotina eram atendidas pelo monitor e registradas. Os programas eram executados com exclusividade pelo microcomputador da escola, listados e entregues. Os erros detectados na listagem, fossem de programação ou de lógica, eram revistos e corrigidos pelos próprios alunos na maioria das vezes, e quando se sentiam incapazes socorriam-se com os monitores ou com o professor. Durante o primeiro semestre de 1984, as informações sobre o tempo consumido na elaboração e digitação do programa, o número de processamentos por grupo de alunos, o número de consultas para cada programa e finalmente a qualidade do programa entregue podiam ser considerados fiéis. Nestas condições foram desenvolvidos apenas o primeiro e segundo projetos.

A aquisição de microcomputador por parte dos alunos transferia atividades desenvolvidas na escola para suas casas. O tempo despendido na elaboração de cada trabalho ficava prejudicado. Por sua vez, a frequência a cursos específicos de computação, introduzia novos fatores que não podiam ser desprezados nas observações.

Capítulo II

Principalmente por ser um dos propósitos deste trabalho conforme espelhado na hipótese H.1 - verificar a validade da introdução do microcomputador no ensino através de exercícios de Física.

Dada a contínua interferência no processo de observação e a complexidade em avaliar as novas variáveis que surgiam, sentia-se cada vez mais, que este trabalho deveria orientar-se para a "qualidade" e não para a "quantidade", nos termos propostos por Roberto E. Stake (29).

"Quando nos referimos a "quantidade" colocamos o problema em termos de uma questão de ênfase. A pesquisa quantitativa caracteriza-se por dados extraídos de um grande número de casos sobre um pequeno número de variáveis. A pesquisa qualitativa é caracterizada por dados obtidos a partir de um pequeno número de casos sobre um grande número de variáveis.

A distinção mais importante entre pesquisa quantitativa e qualitativa, segundo o meu ponto de vista, é de natureza epistemológica entre as

Capitulo II

generalizações que os dois tipos de pesquisa proporcionam.

Examinemos os dois tipos de generalização usando a Fig.1, que representa, sob a forma de um crescente, dois caminhos que partem de percepção inicial para chegar a generalização formal. O caminho ascendente é o quantitativo, às vezes denominado "formal" ou "científico". Nós o chamaremos de caminho da pesquisa quantitativa. O caminho descendente é o qualitativo ou "naturalista", "interpretativo" ou "intuitivo".

A pesquisa qualitativa, representada na parte inferior da Fig.1, desenvolve-se de uma forma mais ou menos similar à quantitativa, mas com uma grande diferença relativamente ao passo inicial. Ao invés de procurar variáveis de interesse, o pesquisador procura eventos ou casos que sejam de interesse."

Capítulo II

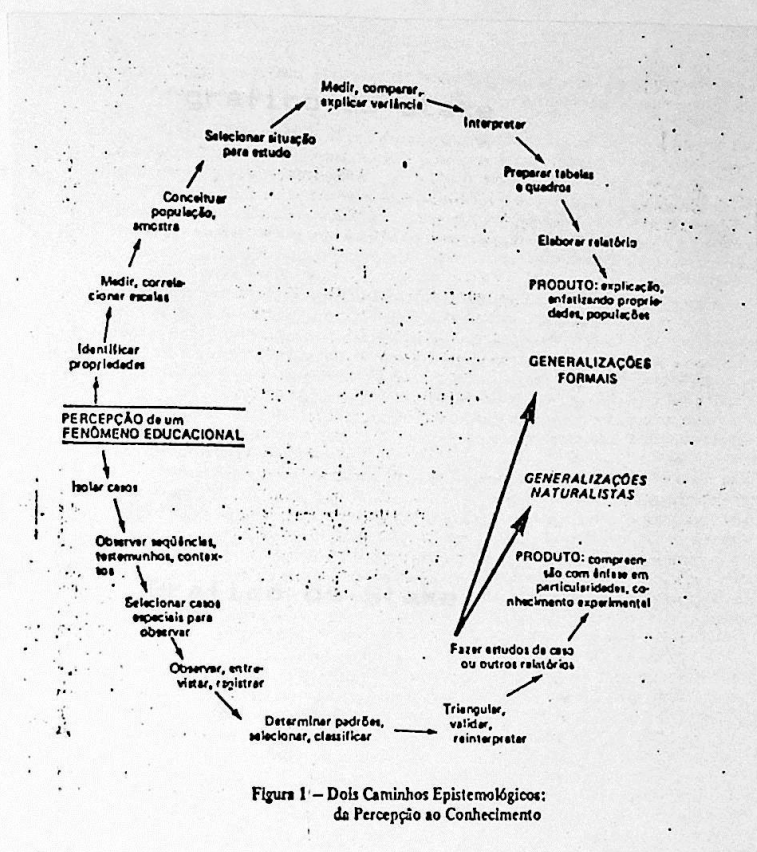


Figura I - Dois Caminhos Epistemológicos: da Percepção ao Conhecimento

Não há dúvida que estes dois casos, considerados como "insight", e este trabalho como um todo tenham derivado, segundo o que está acima, para a chamada pesquisa qualitativa.

Outra situação foi considerada como aparecimento de "insight": o problema de empuxo tinha o seguinte teor:

"Considere um líquido de densidade D_1 , contido em um recipiente. Coloca-se nesse líquido um corpo de massa m e densidade D_c . Elaborar um programa que em função desses dados, apresente uma das seguintes saídas:

- o corpo flutua

Capitulo II

-o corpo imerge

Identificado o problema, ou seja, que o empuxo é força decorrente do deslocamento de fluido por um corpo, os alunos lançaram-se na tentativa de solução. O esboço mais comum apresentava figura com corpo parcialmente imerso, decorrência direta da consulta a livros didáticos de colégio. Os mais elaborados chegavam a indicar a atuação das forças. De maneira geral, a concretização do problema deu-se através do peso aparente de uma pessoa na piscina. Experiência vivida por todos os alunos. Entretanto a dificuldade em formalizar o problema foi praticamente unânime. As relações entre peso de líquido deslocado e peso do corpo, quando equacionado para condições de equilíbrio pareciam de dificuldade intransponível para a quase totalidade dos alunos.

Neste momento a situação tornou-se crítica. Aparentemente a expectativa conduziu a uma dose de exigência muito elevada: As poucas tentativas de soluções ficavam dentro de tantas particularidades, desestimulando a elaboração de programa para o computador. O descontentamento era muito grande. Decidiu-se, então, interromper aquela tarefa e acrescentar alguns elementos que poderiam servir como agentes de interesse e motivação.

Iniciou-se um trabalho com o módulo gráfico, oferecido por este microcomputador. Esta atividade,

Capitulo II

liberada dos conceitos formais da Física, propiciava ao aluno certa individualidade e alguns efeitos considerados como lúdicos. A primeira tarefa solicitada tratava-se de escrever o próprio nome de forma estilizada, usando a maior área possível da tela, sem comprometer, evidentemente, os aspectos estéticos. Os resultados foram surpreendentes. Houve simulação de quadro de parede, de "out--doors", cuja moldura aparecia piscando na tela como luminosos de propaganda, outro, com os pontos que iam se compondo, em ordem como se alguém estivesse escrevendo de forma lenta. Esta nova aplicação do computador, fora da Física, parece ter recuperado alguns alunos que, ao longo do processo, mostravam-se desestimulados face às dificuldades encontradas.

A este trabalho seguiram-se outros na mesma linha, como a construção de figura geométrica, parte frontal de uma casa, figuras em movimento, etc. Este hiato, que na prática correspondeu a quase dois meses, reduziu os protestos e descontentamentos com o curso. Resgatou-se, então, a proposta anterior, relativa ao empuxo, sugerindo que a par da solução do problema em si, o mesmo deveria ser enriquecido com a ilustração correspondente à resposta. As figuras, de maneira geral, representavam um recipiente com um suposto líquido e um hipotético corpo, e conforme a resposta aparecia na superfície, parcial ou totalmente imerso.

Capitulo II

Mesmo assim as soluções apresentavam incorreções e muitas particularidades. A entrada de dados maior que as necessidades para a solução, como por exemplo, massa, densidade e volume para o mesmo corpo. As soluções melhores consideravam o corpo em equilíbrio parcialmente imerso, portanto, via de regra o volume do corpo (V_c) era confundido com o volume do líquido deslocado (V_d) e considerados iguais em quaisquer situações, mesmo naquelas em que o corpo não estava totalmente submerso. Este foi o erro mais frequente. Não foi observada solução em que o corpo imerso se apoiava sobre o fundo do recipiente.

O equacionamento para uma solução em que o corpo estivesse parcialmente imerso deveria ser:

$P = E$	P (peso); E (empuxo)
$m \cdot g = D_l \cdot V_d \cdot g$	D_l (densidade do líquido) V_d (vol. de liq. deslocado)
$m = D_c \cdot V_c$	m (massa do corpo) g (aceleração gravidade)
$D_c \cdot V_c = D_l \cdot V_d \quad (1)$	D_c (densidade do corpo) V_c (volume do corpo)

O caso, considerado como sendo o aparecimento de "insight", ocorreu ao atender dúvidas de um aluno. Este aluno, com comportamento de médio para bom, apresentava nas aulas teóricas certa irregularidade em termos de provas. Nas atividades com o microcomputador teve

Capitulo II

inicialmente, participação discreta, melhorando com o passar do tempo. Na época da "recreação", quando os trabalhos eram livres, este aluno foi o responsável por um dos melhores. Tratava-se de um cubo em perspectiva. No projeto empuxo, superou a fase de identificação dos termos e chegou na equação (1), correspondente ao equilíbrio de um corpo em líquido. As relações entre volume e densidade pareciam não estarem muito claras. Atendida a dúvida, este aluno retorna algum tempo depois, muito satisfeito afirmando:

"... só depende das densidades."

Investigando melhor, soube que essa percepção se deu ao reformular a equação (1), reescrevendo assim:

$\frac{D_c}{D_l} = \frac{V_d}{V_c} \leq 1$	O volume V_d (volume de líquido deslocado) nunca pode ser maior que o V_c (volume do corpo). Então a relação entre as densidades fica
--	---

$\frac{D_c}{D_l} < 1$ ou $D_c < D_l$	para corpo parcialmente imerso ou
--------------------------------------	-----------------------------------

$\frac{D_c}{D_l} \geq 1$ ou $D_c \geq D_l$	para corpo totalmente imerso
--	------------------------------

Capítulo II

Destaque-se aqui o fato da solução ter sido dada conforme a solicitação do problema. Não houve por parte de nenhum aluno, a hipótese de uma terceira força sobre o corpo quando este estivesse totalmente imerso, apoiado no fundo do recipiente.

No quadro II-3, foram enquadrados em cinco grandes grupos, como no caso anterior, os resultados apresentados para esse projeto. As respostas satisfatórias foram de apenas 8,5 %.

=====	
RESULTADOS	/Número de alunos
=====	
1- Não conseguiram programar	/ 12

2- Soluções incorretas	/ 9

3- Soluções particulares (incompletas)	/ 10

4- Solução correta - completa, sem levar em conta as condições de contorno - corpo flutua ou não flutua	/ 2

5- Solução completa - estimando a parte imersa percentualmente	/ 1
=====	

Quadro II-3

A abordagem destes dois casos, considerados como aparecimento de "insight" deve ser caracterizada como uma exploração preliminar. Esta conclusão não pode ser generalizada. A subjetividade dos procedimentos, a frequência com que ocorreu, a falta de acompanhamento mais próximo, permitem afirmar que houve uma

Capítulo II

forte evidência de que isto tenha ocorrido. No anexo 9 apresenta-se a listagem deste programa.

Os outros projetos

A solução via computador dos demais exercícios propostos, permaneceram dentro de características de normalidade, se comparadas com a metodologia tradicional de aula expositiva. Daí os resultados serem apresentados em um único quadro.

Enunciados

- Plano Inclinado

Considere um corpo sobre um plano inclinado. Dependendo do ângulo de inclinação e dos coeficientes de atrito (estático e dinâmico) entre eles, o corpo pode deslizar (escorregar) ou ficar em equilíbrio

Faça um programa, que em função do ângulo de inclinação e dos coeficientes de atrito, apresente como saída: "o corpo permanece em equilíbrio" ou "o corpo desliza sobre o plano com aceleração de ... m/s²."

- Identificação de movimentos

Capítulo II

Elaborar um programa que em função dos dados apresente as seguintes características:

- 1- Identifique se um movimento é:
 - a) uniforme (velocidade constante) ou acelerado
 - b) de trajetória reta ou curva
- 2- Conforme as respostas, devem ser calculadas:
 - a) velocidade
 - b) aceleração tangencial (escalar)
 - c) aceleração normal (centrípeta)
 - d) força resultante (componente tangencial e normal).

Procedimentos

- 1- Deve ser dada máxima liberdade para entrada de dados.
- 2- Use "GOSUB" (subrotinas) no mínimo para cálculo da velocidade.
- 3- Os itens a serem calculados devem aparecer tabelados da seguinte forma:

Exemplo: v (m/s)	acel.tang. (m/s ²)
12	2
acel.normal (m/s ²)	Força Result(N)
5,5	10

O programa deve permitir o diálogo com o usuário.

Capítulo II

- Situação de equilíbrio ou movimento

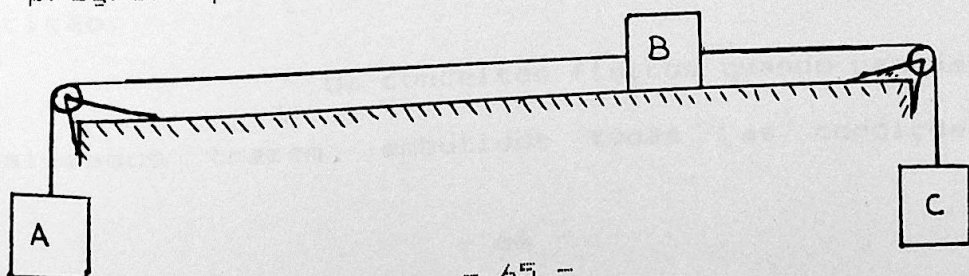
Três blocos, ligados por cabos de massa desprezível, são dispostos de tal forma que um fique sobre a mesa e outros dois, pendurados em lados opostos da mesa. Nas laterais da mesa são colocadas polias, consideradas ideais, por onde passam os cabos. Dependendo das massas dos blocos que são colocados nas laterais da mesa e do coeficiente de atrito entre o bloco intermediário e a mesa, o sistema pode:

- a - permanecer em equilíbrio
- b - movimentar-se para a direita ou para a esquerda.

Faça um programa que permita ao usuário entrar com os dados referentes às massas e ao coeficiente de atrito. E tenha como saída uma das seguintes possibilidades:

- a - o sistema está em equilíbrio
- b - o sistema movimenta-se para a direita
- c - o sistema movimenta-se para a esquerda

O usuário deve sentir se á vontade, se julgar conveniente, a utilização do programa para a obtenção de outras informações.

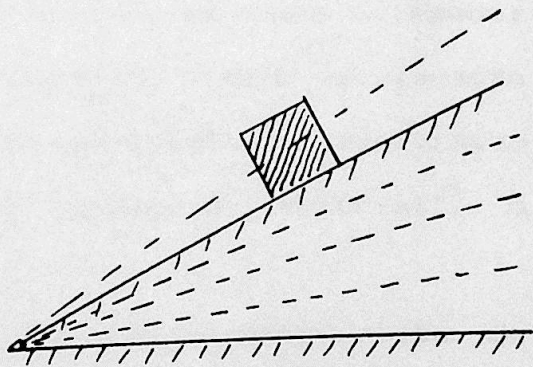


Capítulo II

É interessante registrar algumas passagens antes do quadro que resume todas estas situações.

Grande parte das soluções apresentadas não passavam de transcrições de soluções particulares. Como no caso do plano inclinado, por exemplo, havia fixação prévia do ângulo de inclinação do plano e do coeficiente de atrito. Ou seja, tratava-se de solução para dados particulares. Se houvesse um usuário hipotético, este não teria nenhuma ação e nada poderia ser verificado. Extrapolando este tipo de resultado, também apareceram soluções absurdas, não havendo limitação de dados a serem oferecidos. Ainda no caso do plano inclinado, o programa apresentava resul-

tado para quaisquer ângulos, inclusive acima de noventa graus, quando o bloco ao invés de escorregar, cairia em queda livre. Os coeficientes de atrito sólido são em sua imensa maioria de valores entre zero e um. Figuravam nos trabalhos sem nenhuma restrição.



Os conceitos físicos quando passam a ser formalizados trazem embutidos todas as condições de

Capítulo II

contorno. É comum ao deduzir-se a equação que caracteriza certo movimento, impor suas condições de validade. O uso indiscriminado de uma fórmula, sem restrição, leva a resultados absurdos conforme foi comentado acima. Outros exemplos, como "o movimento é reto com velocidade constante", "a aceleração tangencial é constante e a trajetória em curva sem compensação", ou ainda, "o coeficiente de atrito estático é U_e e o coeficiente de atrito dinâmico é U_d ". Mas estas informações acabam-se perdendo para a grande maioria dos alunos, restando apenas a expressão matemática correspondente à fórmula. As condições de validade para a aplicação das mesmas são esquecidas com relativa facilidade. Outra dificuldade sentida pelos alunos e manifestada com frequência foi quanto à terminologia. Nos questionamentos para esclarecimentos de dúvidas é muito frequente a confusão entre velocidade e aceleração, ou posição e espaço efetivamente percorrido, em casos extremos; mesmo entre os bons alunos, conceitos como "aceleração tangencial, aceleração radial ou centrípeta e aceleração angular", "velocidade escalar e velocidade vetorial", e assim por diante.

No exercício, "identificação de movimentos", o propósito era verificar se a utilização do computador favorecia o interesse do aluno pelos conteúdos explorados, bem como se o domínio do computador contribuiu para facilitar e ampliar a compreensão de determinados

Capítulo II

conceitos em Física. Com este projeto estaria contemplado, não apenas o conhecimento isolado de cada movimento, mas também exigindo a compreensão, para que cada situação fosse diferenciada da outra. O aluno deveria equipar-se do conhecimento sobre o significado de cada grandeza que compareceria neste exercício, e o seu relacionamento com as outras, compondo assim o conceito de forma global de cada movimento. Identificando, por exemplo, em função dos dados, se um determinado movimento era reto ou curvo, ou ainda, se a aceleração era tangencial ou centrípeta, daí calculando ou não a força resultante, conforme o caso.

Entre todos os trabalhos apresentados, um apenas foi satisfatório (anexo 10). Nele o diagrama de blocos através das diversas ligações indicavam todas as alternativas para os prováveis movimentos.

Neste problema, a preocupação centrou-se na identificação dos casos que mostrassem evidências dos seguintes comportamentos:

- 1- Identificação de forma isolada de cada grandeza que compõe o problema.
- 2- Identificação, em função das grandezas, do tipo de movimento;
- 3- Aplicação correta da expressão matemática correspondente ao equacionamento do problema - (síntese);
- 4- Correlação entre as grandezas e o tipo de mo-

Capítulo II

vimento, como "aceleração normal nula logo, o movimento é reto".

Esperava-se que ao elaborar o programa o aluno se detivesse, no diagrama de blocos, á analisar os elementos que compõe um certo movimento, destacando suas características. Desta forma a síntese, passo fundamental para a elaboração correta do programa estaria assegurada com a escolha das expressões corretas para os diversos cálculos.

No quadro II-4, há uma súmula dos resultados obtidos nos três exercícios citados. Convém ressaltar que a classificação dos trabalhos, segundo as definições apresentadas são discutíveis. Entretanto esta opção para apresentação dos resultados revela em seus extremos, que um terço dos alunos permaneceram alheios ao projeto.

RESULTA * DOS *	EXERCI- / CIOS	Plano inclin.	Identif. movtos.	Equilib 3 blocos	%
Deixaram de realizar		9	15	11	33.3
Solução particular		11	9	10	28.6
Solução parcial		16	10	13	37.2
Solução satisfatória		-	1	1	1.9

Quadro II-4

Capítulo II

Solução particular: Essa denominação foi atribuída aos programas que se resumiam em uma fórmula. Ao usuário cabia digitar um número para que a resposta fosse emitida. Todos os parâmetros, exceto um, estavam fixados.

Solução parcial: O usuário devia atribuir valores a quase todas as variáveis, não estando previstas, entretanto, todas as soluções possíveis.

Solução satisfatória: usuário tinha toda a liberdade, podendo atribuir quaisquer valores as variáveis e obtendo a resposta compatível. Todas as possibilidades estavam previstas.

Preocupações e Justificativa

Reunir as informações contidas e descritas neste capítulo sob um referencial teórico foi uma preocupação constante. Contudo a prática acabou balizando as atividades dessa investigação. Questionamentos de como a teoria deveria nortear a prática, ou como a prática conduz ao desenvolvimento teórico, ou ainda se a prática e a teoria podem ou devem ser tratadas de forma estanque ou conjuntamente, parece constituir-se em assunto polêmico entre as autoridades notoriamente reconhecidas.

Capítulo II

Oportunamente se destaca do trabalho do professor Saad (30):

"...carecemos de uma metodologia que dê respaldo à propostas concretas no campo das atividades básicas de ensino em geral e do experimental em particular. Como corolário a esta situação, têm-se procurado estabelecer propostas, baseadas muitas vezes em pressupostos discutíveis, em modelos utilizados em outras situações (investigação, por exemplo) e transpostos para nossos cursos normais."

Tyler (31) manifesta que a prática educacional deve estar firmemente apoiada em teorias.

"O papel da pesquisa educacional básica é construir e testar teorias que servirão melhor para guiar a prática educacional."

Dúvidas têm sido levantadas, relativamente às possíveis decorrências de práticas educacionais e teorias instrucionais. Quanto a isso, Newsome (32) chega a ser incisivo, quando afirma:

Capítulo II

"As tentativas para o estabelecimento de uma relação lógica (necessária) entre a teoria científica e a prática parecem terminar em fracasso. A teoria é abstrata e lógica. Proporciona economia e sistematização na organização de termos abstratos e conceitos. Nesse sentido promove e dá uma base para a explanação científica e racional. A teoria promove e ajuda a pesquisa científica. Entretanto, nem teoria nem pesquisa podem ser confundidas com a prática de ensino. A prática desperta como resposta ao costume e à demanda. Na verdade, poder-se-ia argumentar com certa justeza, que problemas que despertam a prática estimulam a espécie de questões que tem como resultado último conduzir à pesquisa científica. Em qualquer caso entre a teoria e a prática está o praticante, enfrentando necessidades sociais e profissionais, costumes, limitações tecnológicas, e uma quantidade de problemas práticos. Eles precisam apoiar-se fortemente, segundo parece, sobre seu próprio julgamento.

Capítulo II

Embora o conhecimento teórico não seja garantia de habilidades práticas, é muito importante para a ciência e a civilização. Numerosas peças de evidência empírica podem ser citadas para fundamentar a necessidade do que os praticantes tenham conhecimento de teorias, mesmo se não existir uma relação necessária entre teoria e prática. Essa evidência, por exemplo, pode indicar que o conhecimento teórico é capaz de promover compreensão mais segura, ampla e sistemática de alguns aspectos básicos da educação. De modo semelhante, a evidência sugere que o conhecimento teórico torna os fenômenos mais acessíveis ao raciocínio, traz novas luzes sobre velhos problemas ou talvez nos habilite a perceber melhor os novos problemas. Nesse sentido a teoria possivelmente proporcione um critério útil de racionalidade a quadros conceptuais heurísticos, de referência. Finalmente, poder-se-ia argumentar que o conhecimento de uma teoria, por exemplo,

Capítulo II

em Matemática ou Física, é logicamente uma condição prévia para poder ensiná-la. Uma condição necessária, entretanto não deve ser confundida com uma relação necessária, ou com uma condição suficiente. Saber uma teoria como condição necessária para ensiná-la, não significa que a teoria implica a prática, ou que o conhecimento dessa teoria seja condição suficiente para o sucesso na prática."

Na proposta que constitui este trabalho, a prática anterior subsidiava a seguinte. A adoção de fórmulas empíricas consagradas ou de teorias educacionais pareceu temerária, inclusive pela dificuldade de identificar qual seria a mais apropriada. Mas é ainda em Newsome que se encontra a melhor justificativa para os procedimentos adotados neste trabalho.

"Uma teoria científica é essencialmente um sistema lógico de afirmações. Duas questões podem ser levantadas, ao julgá-las : 1- se é consistente, compreensiva e parcimoniosa; 2- se pode gerar hipóteses testáveis. O critério para julgar a primeira questão envolve

Capítulo II

fatos relativos à compreensibilidade e aos padrões lógicos de parcimônia, consistência e validade das interferências. Os critérios para a testabilidade das hipóteses são os do significado e verificação. Uma teoria científica não contém regras para sua própria verificação. As regras para verificação são parte da experimentação ou técnica de testar. Nem a teoria nem as técnicas de verificação proporcionam regras para a aplicação do uso da teoria.

A prática envolve ações baseadas no hábito, arte, habilidade ou estratégia. A prática, pois, implica alguém que pratique. Os participantes, podem, sem graus variados, usar conhecimento, tomar decisões, estabelecer fins ou objetivos, e descobrir meios e modos para realizar tarefas. A prática tem resultados e consequências. Pode-se dizer que alguém pratica com ou sem sucesso, de modo habilidoso ou não, mas raramente ou nunca dizer que o faz de modo verdadeiro ou falso. Nesse sentido os

Capítulo II

resultados práticos são julgados pelas contingências e dificuldades práticas, pelos níveis aceitos de realização ou de competência, mas não pelos padrões lógicos de consistência, validade de interferências, ou verdade das proposições.

O elo entre a teoria e a prática é o praticante e não uma regra, um termo ou uma afirmação. O que alguém pratica não é uma teoria, um conjunto de afirmações logicamente relacionadas, mas uma atividade. Mesmo os teóricos não praticam a teoria, exceto talvez, quando memorizam. Eles praticam a teorização, ou a construção de teoria. A prática é uma arte mesmo quando o conhecimento científico é utilizado no desenvolvimento de certa atividade. Uma atividade é conduzida de certo modo e o modo é considerado aceitável ou não, aprovado ou não, ou mesmo certo ou errado. A prática, pois, tem uma dimensão comportamental, e as regras ou orientações para a direção do

Capítulo II

comportamento são de caráter prescritivo ou moral."

Amparado por tais reflexões e em especial pelo contido nos dois últimos períodos, as conclusões aqui chegadas, em hipótese alguma, podem ser consideradas fora do contexto onde o experimento ocorreu. Talvez parte das informações aqui descritas sirvam para melhor dimensionar outros trabalhos nesta área.

Finaliza-se este capítulo, com a citação feita por Saad (26) ao comentar modelos alternativos para o ensino experimental.

"Conforme pode-se observar é bastante amplo o espectro das dúvidas que assaltam a prática educacional. São poucas as assertivas universalmente válidas neste setor. Voltamos a insistir que pisamos em terrenos não firmes ou consolidado. Das análises precedentes, inúmeras são possíveis alternativas para o desenvolvimento de atividades experimentais em qualquer nível de ensino."

EXPERIMENTO CONTROLADO

Um dos propósitos deste trabalho, expresso na hipótese de número três, era verificar se a utilização do computador favorece o interesse do aluno pelos conteúdos explorados, este será o objetivo deste capítulo. O computador irá comportar-se como um "virador de páginas", ou apresentador de determinado conteúdo (anexo 11). Para esta tarefa o aluno não terá necessidade de conhecer linguagem de computação.

Como estratégia, foi elaborado um programa para o microcomputador, Apple II, que apresentava ao aluno um texto em forma de instrução programada. O mesmo texto, tirado do livro Física Auto-Instrutiva (FAI), volume IV (33), foi aplicado a outro grupo de alunos na forma tradicional. Os resultados serão comparados.

Elaboração do Programa

A elaboração de um texto a ser apresentado no vídeo, necessita inicialmente de um estudo de compatibilização. Destinado a estudo individualizado, era desejável a independência maior possível do operador, no caso o aluno, para evitar que intervenções introduzissem perturbações no processo. A opção foi gravar em "disketes" as diversas telas que se comportavam como um quadro negro. Sucediavam-se conforme instrução dada pelo usuário.

Capítulo III

Parte Apresentada Pelo Microcomputador

Foram programados textos e figuras que surgiam no vídeo conforme a solicitação do estudante. Os quadros aparecem com instruções ou textos explicativos, terminados em perguntas. No próprio texto ou fora dele são deixadas lacunas, a serem preenchidas pelo aluno ao digitar a resposta correspondente à solicitação. Nesta parte, o aluno dispõe do tempo que julgar necessário para a resposta. A mudança de quadro ocorre a partir da resposta emitida.

No final de cada unidade são propostos problemas ou questões para o aluno resolver em separado, consultando posteriormente as respostas contidas no programa.

Apresentada a questão na tela, através de texto ou figura, o aluno emite uma resposta. Sendo satisfatória, surge na tela imediatamente um reforço em forma de elogio. Caso contrário, por etapas, projeta-se a solução comentada da questão proposta. Em algumas situações, houve desdobramento na apresentação da solução: no primeiro quadro aparece um encaminhamento ou parte da solução, sugerindo ao aluno que tente completá-la com seus próprios recursos. Havendo novo erro, no quadro seguinte, a solução aparece de forma completa, característica de uma instrução programada ramificada.

Neste programa fez-se uso também de um outro recurso - o som. No caso das respostas

Capítulo III

satisfatórias, o microcomputador emite um som agradável, ou um ruído estridente em caso de desacerto.

É importante documentar que esta configuração apresentada foi antecedida de inúmeras tentativas frustradas. A deficiência de equipamentos, dificuldade e mal desempenho de operações impediam a obtenção de um trabalho aceitável. Diversas vezes chegou-se a exaustão sem obtenção de resultado prático.

O trabalho só pôde ser realizado graças a colaboração de um ex-aluno, Alberto Tomita Júnior cursando atualmente a Escola Politécnica, que dispo de um microcomputador em sua casa, acompanhado dos demais equipamentos e uma coleção de "softwares", não só ofereceu o seu uso como sua colaboração pessoal.

Ainda como registro, constatou-se que o trabalho de digitação consumiu setenta e duas horas. Foram utilizados seis "softwares" diferentes: um que transformava a tela em "lousa", outros dois permitiam escrever com tipos de letras diversificadas. Com isso foi possível padronizar com um determinado formato as questões, com outro as respostas. Com outros dois "softwares" foram possíveis desenhar figuras e colocar legendas. Um último programa foi acionado para limpar a tela. O que acontecia de forma exótica. As instruções apareciam como se fossem manuscritas e eram apagadas como se fossem diluindo na tela.

Capítulo III

É preciso salientar que este trabalho foi desenvolvido de forma empírica e amadora. Contando-se com a colaboração do ex-aluno já citado e da aluna do curso de pós graduação na área de Ensino de Ciências - Modalidade Física, do IFUSP e Faculdade de Educação, Alice Kimie.

"A priori" algumas falhas foram detectadas, não sendo, contudo, corrigidas devido à falta de recursos em termos de "softwares", ou porque significaria reformular um programa já bastante avançado. Seguramente, a presença de um especialista em "lay-out" poderia melhorar substancialmente a apresentação.

O fato de ser utilizado um "software" em que uma tela funcionava como lousa, eliminou inúmeras dificuldades, como acoplar texto com figuras, bem como na mesma tela formatos diferentes de letras. Isto, por sua vez, acarretava o inconveniente de restringir o campo do vídeo e preencher o "diskete" com um número reduzido de questões, da ordem de seis ou sete com suas possíveis respostas. Com isto, para um programa relativamente curto foram utilizados oito "disketes" simples.

Outra dificuldade a ser referenciada diz respeito às reuniões. A disponibilidade dos membros do grupo apresentava poucas coincidências, tendo em vista o exercício de outras atividades, isto fez este trabalho estender-se por aproximadamente três meses.

Capítulo III

Aplicação do Programa

Havia inicialmente o propósito de estabelecer-se um grupo de controle, com variáveis indesejáveis descartadas. Os participantes da investigação não deveriam ter conhecimento do conteúdo a ser estudado, nem ter conhecimento de programação ou manipulação do microcomputador muito acima da média dos demais alunos. A manifestação explícita em não querer ou não poder participar do experimento também seria respeitada.

A população era composta por alunos de três classes de segundos colegiais, somando noventa e oito alunos do Colégio Pio XII. Isto no mês de abril de 1986. Os alunos egressos do primeiro colegial tinham a princípio as mesmas características, salvo os transferidos. Havia tido noções elementares de programação e manusearam o microcomputador ao longo daquele ano. Planejou-se a escolha randômica entre vinte e vinte cinco alunos, dadas as dificuldades de observação por tratar-se de caso individualizado. A pretensão de uma escolha aleatória foi prejudicada, tendo-se em vista a necessidade da aplicação do teste ocorrer fora do período normal de aulas. Esta atividade extra horário trazia problema de alimentação e transporte insuperáveis para muitos dos alunos sorteados. Então, ficou decidido facilitar a participação. Inscreveram-se vinte quatro alunos.

Capítulo III

Tinha-se como escopo observar:

- 1-Atitude de interesse ou não pelo processo,
- 2-Preocupação (seriedade) para dar as respostas.
- 3-Índices de acerto relativo ao número de questões.
- 4-Tempo gasto para cumprir o programa.

Como decorrência da aplicação do programa, outros comportamentos foram observados, como:

5-Dificuldade de manipulação com o microcomputador. Desconhecimento do teclado, instruções de entrada, acoplamento do "diskete" ao "disk-drive".

6-Preocupação com o programa (saber como aquilo era feito) sem estar atento ao seu conteúdo. Mais preocupado com a próxima mensagem do que com os possíveis erros ou acertos. Fator novidade.

7-Falta de pré-requisitos, impedindo a resposta de questões consideradas simples. Citam-se, entre outros, conversão de unidades, conceito de área e volume.

Capítulo III

Algumas falhas de programação foram constatadas, porém não se conseguiu avaliar em que profundidade interferiu no desenvolvimento do programa. Os aspectos abaixo foram notoriamente observados.

a) Textos explicativos muito longos. O aluno acabava se perdendo na leitura.

b) Dada a pouca capacidade do "diskete", sua troca tinha de ser feita com muita frequência, introduzindo perturbação no sistema. Isto acontecia principalmente nos casos das questões sequenciais.

c) As questões colocadas no final da unidade implicavam, para sua solução, o uso de meios tradicionais, como lápis, papel, borracha, etc., transformando o sistema em híbrido. Somando-se a isto o inconveniente, de no caso de dúvida, dispor apenas da resposta depois de concluída a relação de questões.

d) O programa não permitia retorno. Assuntos tratados anteriormente ficavam prejudicados quando o aluno não se recordava.

Capitulo III

Muito embora as falhas comentadas tivessem sido observadas no início da aplicação do programa, decidiu-se pela sua continuidade, tendo em vista que as alterações implicavam a reestruturação global do projeto.

Uma variável, de início não foi levada em consideração, mostrou-se expressiva no decorrer do trabalho -o tempo. Conforme já afirmado, esta primeira parte consumiu setenta e duas horas, e qualquer alteração exigiria provavelmente, nas mesmas condições, tempo maior.

O quadro III-1 corresponde às observações anotadas durante a aplicação do programa.

Capitulo III

LEGENDA

E : EXCELENTE

B : BOM (BOA)

M : MEDIO

F : FRACO

R : INSATISFATORIO P: PARCIAL

ALUNO		ATITUDE	ACERTOS %	T (MIN)	MANIPULAÇÃO	PRE-REQ.
PAULO C.	R		30	58		
MARCIA	B		64	72	E	R
ADRIANA	B		60	70	R	R
AIRTON	B		72	66	M	M
ALESSANDRA	M		42P	50	B	B
ALEXANDRE	B		76	51	R	R
ANA A.	B		72	63	E	B
ANA BEATRIZ	B		64	68	M	M
ANTONIO	B		60	68	M	R
ANTONIO M.	M		52	70	M	M
ARY	B		50P	60	R	M
CARMEM	B		68	65	M	M
CLOVIS	B		64	71	B	M
CRISTINA	B		70	68	B	B
FARAH	B		68	58	M	M
MARIANA	B		72	64	B	B
MIRIAN	B		68	66	B	B
MONICA	B		58	67	M	M
OSWALDO	M		52	69	M	M
PAULO H.	M		58	62	B	R
RENATO	B		64	67	M	M
RICARDO	B		74	62	B	B
SILVIA	M		45P	62	R	R
THOMAZ	B		28	46	R	R

Quadro III-1

O projeto por ser experimental deveria ter diversas fases para que pudesse ser aprimorado. Esta primeira versão, após ser submetida ao grupo de controle, deveria sofrer as alterações consideradas necessárias. Esse procedimento deveria ser repetido sucessivas vezes até que

Capítulo III

se conseguisse um estágio considerado ótimo. Desta forma as variáveis consideradas indesejáveis seriam contornadas, ou teriam seus efeitos diminuídos ao longo da investigação. Não obstante uma sucessão de fatos impediu que esse procedimento fosse adotado, como tempo, equipamento, especialistas como programadores e analistas de computador, disponibilidade do grupo de controle fora do período escolar. A correção de rumos, neste instante, implicaria na elaboração de uma nova proposta, que se pretende seja objeto de um outro trabalho.

Acredita-se, contudo que apesar de todas as ocorrências citadas, alguns itens dessa proposta puderam ser observados, por exemplo:

1- O processo motiva mas é exaustivo. A partir de um determinado instante, variando de aluno para aluno, há uma quebra sensível de rendimento. O índice de erros cresce, invalidando o prosseguimento do trabalho.

2- Ansiedade - Seleccionados os alunos para a aplicação, observou-se a presença insistente de seus colegas que não estavam relacionados, querendo participar em conjunto. Aparentemente o processo como um todo despertou certa competição.

Capítulo III

3- As questões teóricas, conceituais foram respondidas com mais acertos do que os exercícios que dependiam de algumas operações. Pré-requisitos como sistema de unidades e suas conversões, operações com potências de dez, mostraram-se de relevante inconveniência, mascarando resultados. Não havia como classificar o erro: devido ao não entendimento do conceito, ou devido a algum dos fatores citados.

4- Deve-se reconhecer que o assunto eleito não foi o mais feliz. Sua dependência de outros exigia um domínio muito amplo de pré-requisitos. Esta escolha foi motivada por razões de programação do curso.

Texto em forma de instrução programada - método tradicional

Distribuído aos alunos do segundo colegial, o texto compunha-se de vinte três páginas. Os alunos foram instruídos quanto aos procedimentos para esse tipo de estudo e informados sobre a avaliação ao término da tarefa. Parte do trabalho foi desenvolvido em classe, sendo as dúvidas esclarecidas pelo professor. O texto seguia a forma

Capítulo III

tradicional de instrução programada: o aluno preenche os
claros deixados e confere com a resposta que vem logo
abaixo. Usa-se uma máscara sobre a resposta, que só deve ser
acionada pelo aluno após a emissão da sua resposta.

O tempo despendido pelos alunos para o
cumprimento deste trabalho, e os conceitos atribuídos na
avaliação seguida ao término do mesmo, estão relacionados no
quadro abaixo.

=====

nome/aluno	duração	conceito	nome/aluno	duração	conceito
			I		
A.Smith	2h 55min	B	I A.Lúcia	3h 15min	B
A.Paola	3 30	B	I A.Mikail	3 30	F
Christian	3 45	B	I Cristiane	3 20	R
Fábio	3 05	B	I Felipe	2 50	R
F.Link	3 15	R	I João C.	3 10	E
J.Paolini	3 40	F	I Luciana	3 35	E
Marcelo T.	4 10	B	I Marcia	3 30	R
M.Mozetic	3 30	E	I M.Silvia	2 05	R
Maurício S	3 15	E	I Maurício B	3 30	R
Patrícia	2 50	B	I Paula A.	3 30	B
Sérgio	0 50	F	I Vinicius	4 00	R

=====

Quadro III-2

Capítulo III

Dos vinte dois alunos que participaram desta fase, doze obtiveram resultados considerados muito bons, enquanto apenas três tiveram desempenho considerado insatisfatório. Por tratar-se de método inédito, a instrução programada parece ter agradado os alunos. No final da aplicação, sete alunos solicitaram que outros assuntos também fossem tratados assim.

A comparação que se pretendia fazer entre os resultados finais obtidos pelos alunos, que usaram o microcomputador ou texto, ficou prejudicada. Os alunos que trabalharam com o microcomputador, ao terminar a tarefa não permaneciam com nenhum material. A avaliação foi realizada, praticamente um mês depois que os primeiros alunos haviam se submetido ao computador. Enquanto os alunos que usaram o texto, tinham o tempo todo o material a disposição. As condições em que se deram a aplicação entre um e outro método foram tão diferentes que a comparação perdeu o significado. Por esta razão os resultados apresentados no quadro III-3, devem ser vistos com reserva.

Capítulo III

Nome/aluno	conceito	I Nome/aluno	conceito
Adriana	F	I Alessandra	M
Airton	R	I Alexandre	R
Ana Laura	F	I Ana A.	F
Antonio	M	I Antonio M	F
Ary	F	I Carmem	F
Clovis	R	I Cristina	F
Farah	F	I Márcia	F
Mariana	R	I Mirian	F
Monica	F	I Oswaldo	M
Paulo C.	M	I Paulo H.	M
Renato	F	I Ricardo	R
Silvia	M	I Thorwald	M

Quadro III-3

Desnecessário dizer quanto ao descontentamento gerado entre os alunos que haviam trabalhado com o microcomputador, mesmo informados de que o resultado daquela avaliação não faria parte do conceito oficial do bimestre.

A alegação de não ter material para estudos foi refutada, pelo professor, pelo fato do programa ter permanecido à disposição durante todo aquele período, sem que houvesse uma única consulta. Entretanto deve-se

Capítulo III

reconhecer, pelos motivos anteriormente expostos, que a reclamação dos alunos era inteiramente procedente.

Deve-se considerar que a estratégia formulada para verificação desta hipótese não conduziu a resultados seguros, tendo-se em vista as dificuldades enumeradas.

COMENTARIOS E CONCLUSOES

Alguas ponderações

A decisão de executar este trabalho aconteceu por um justificado entusiasmo baseado em um grupo de alunos, cujo apresendizado eficiente e motivador mostrava ser possível dominar o microcomputador com "aparente" facilidade. Entretanto, ao formalizar o microcomputador como instrumento de rotina, em atividades escolares pré-fixadas para serem cumpridas segundo um cronograma, percebeu-se que a expectativa não correspondia à realidade. O microcomputador não era de fácil aprendizado para a quase totalidade dos alunos. O aprendizado do microcomputador envolve dois aspectos: a manipulação do equipamento e a programação, embora distintos, complementam-se para a obtenção de resultados. A manipulação do teclado constituia verdadeiro pesadelo para muitos alunos, já que algumas teclas chegam a ter cinco funções diferentes, a par de outros controles como efetuar ligações da unidade central de processamento (UPC) com demais periféricos, vídeo, gravador, transformador, "drive", impressora, constituia verdadeiro drama para muitos alunos. O fato do teclado ser desconhecido comprometia todo o desempenho na execução dos trabalhos.

Capítulo IV

Por outro lado, a observação dos resultados, só possível depois de digitado o programa, muitas vezes não era atingida. A soma de erros de digitação implicava em fator de grande desestímulo para muitos alunos. As instruções e comandos, componentes da linguagem de programação, contém regras cuja precisão não dá margem de tolerância. As aspas ou os parenteses, por exemplo, em muitas situações não sendo colocados, a mensagem não é aceita pelo microcomputador. A correção do "erro" não raro obriga a reedição de toda a linha. É dispensável dizer da exaustão provocada por este processo quando se torna muito repetitivo.

Preocupado com estes aspectos não levados em conta na projeção da experiência, com repercussão comprometedor para os propósitos deste trabalho, foi indagado a seis ex-alunos, sobre os quais já se fez referência, quanto a alguns aspectos que os levaram ao excelente desempenho obtido. A resposta foi que o menor tempo investido sobre o microcomputador era da ordem de trezentas horas e o maior de duas mil horas, ficando a média em torno das setecentas horas. Surpreendido por esta informação, foi observado que se fosse levado em consideração o menor dos tempos gasto entre aqueles alunos, isto corresponderia a um curso de seis horas aula por semana durante um ano e meio. Mesmo reduzindo as atividades a rudimentos de programação e manipulação, não há como

Capítulo IV

diminuir este tempo, abaixo de um determinado índice para essa interação com o microcomputador. O tempo de que se dispunha neste experimento era sensivelmente menor do que este tempo mínimo. O curso todo durou um ano letivo com uma aula por semana, ou seja, na ordem de quarenta horas.

Parte dos problemas surgidos devem ser debitados à pressão das exigências de programação sem que houvesse um tempo compatível para executá-lo.

É oportuno também relatar que no desenvolvimento do trabalho, conjecturou-se ser o microcomputador um elemento básico para se fazer frente à explosão de conhecimentos capaz de armazenar e processar um número muito grande de informações.

Esta possível hipótese foi testada através do texto em instrução programada (capítulo III). As dificuldades técnicas na montagem do programa, somadas àquelas percebidas na aplicação, cujas falhas não puderam ser corrigidas e reavaliadas, prejudicaram a verificação desta eventual hipótese.

Não é demais repetir que o tempo é uma variável fundamental nas atividades que envolve o computador, conforme foi espelhado anteriormente. Neste tipo de prática em que o usuário não necessita ter conhecimento de programação, já existe quantidade razoável de aplicativos para ensino e treinamento. Duas fases distintas caracterizam este trabalho. O da equipe que organiza, testa e otimiza o

Capítulo IV

programa e a do usuário. Enquanto a preparação do programa se constitui numa atividade demorada e exaustiva, de diversas aplicações, testes, mudanças, reaplicações, adaptações de linguagem, "lay-out", etc, o usuário terá economia razoável de tempo para um aprendizado provavelmente eficiente.

Na situação presente, os alunos levaram em média uma hora para cumprir o programa todo. Este assunto, que se compõe de três unidades básicas, densidade, pressão atmosférica e de líquidos e Lei de Arquimedes, é ministrado convencionalmente através de no mínimo oito aulas. Se o programa apresentado aos alunos fosse inteiramente revisto, o número de quadros que é de oitenta e dois (anexo 11) provavelmente permanecesse o mesmo, portanto com duração semelhante. Estimando que o aluno "rodasse" o programa quatro vezes, sendo a primeira de forma plena, e as outras para esclarecer eventuais dúvidas ou reforço e avaliação, o tempo consumido seria da ordem de cinquenta por cento do curso convencional.

Investigação não institucionalizada

Realizar um experimento dentro de uma instituição sem interferir no seu andamento normal, é uma tarefa que exige muitas adaptações. Impedir que as adaptações descaracterizem o experimento proposto é outra

Capítulo IV

tarefa complicada, ainda mais se as atividades acabam se interpondo em alguns dos seus itens. No caso em pauta, considerando-se a turma de 1984, houve um contínuo questionamento por parte dos alunos, quanto às exigências de participação nas aulas de computação, quanto às consequências da não realização e entrega dos exercícios e projetos programados. Embora esclarecidos tantas vezes quantas solicitaram, a dúvida persistiu o tempo todo sobre os possíveis reflexos que o "curso de computação" teria no conceito correspondente à avaliação bimestral. Assim, muitas alterações de rotas foram promovidas no sentido de se manter o espírito do trabalho sem o uso de normas institucionais.

Dois fatos se destacaram devido a este experimento não institucionalizado. O primeiro relatado no capítulo dois, quando se tentou resolver o problema do empuxo através do microcomputador e eram necessários estudos e consultas para se determinar a possível solução. O segundo ocorreu quando se tentou avaliar um texto de instrução programada apresentada pelo microcomputador. Sua aplicação teve de ser feita fora do período normal de aulas e com os alunos que se dispuseram a permanecer na escola em período extra.

Simulação

Capítulo IV

Outro aspecto interessante e ^{que} chamou a atenção foi a discrepância, ao usar os programas, quanto aos valores atribuídos às variáveis. Os números apresentados como dados, quase sempre escapavam em ordem de grandeza daqueles habituais no quotidiano. No problema do encontro, valores como 300, 500 e até 1000 km/h eram atribuídos inconsequentemente. Nenhuma teorização antecedia a escolha por este ou aquele valor, e nenhuma crítica foi anotada quanto ao resultado obtido.

A impressão deixada era de que se estava fazendo um teste com a máquina, tentando-se verificar sua capacidade de operação. A falta de reflexão quanto ao resultado, se era compatível ou não, levava o aluno imediatamente a processar o mesmo problema, com valores de ordem de grandeza cada vez maiores. A resposta era aguardada com certa ansiedade. Havia mais expectativa que o microcomputador não conseguisse resolver do que preocupação com a qualidade da resposta.

Os melhores programas eram colocados à disposição de todos os alunos. Tinha-se a esperança de que a partir do programa elaborado, e tendo-se em vista a rapidez e a facilidade da obtenção das respostas, alguns alunos se lançassem a investigação convencionalizada como simulação. Isto é, através de alterações sucessivas dos parâmetros, aproximasse das condições limite para a ocorrência de uma resposta esperada. Alguns dos exercícios sugeridos nos projetos se prestavam a isso, como o do corpo que pode

Capítulo IV

deslizar em um plano inclinado, ou do empuxo em que um corpo pode em função dos valores atribuídos às variáveis ficar total ou parcialmente imerso, ou ainda, no caso dos três blocos (um sobre a mesa e dois dependurados) que podiam, em função dos dados, movimentar-se para a direita, para a esquerda ou permanecer em equilíbrio.

Em parte isto não aconteceu pelo fato de terem sido feitos tímidos apelos ou insinuações nesse sentido e termos permanecido mais no aguardo de que a tentativa de simulação aparecesse espontaneamente. Neste trabalho pode-se considerar que não houve simulação.

H.1 - A solução de exercícios de Física constitui um veículo adequado para a introdução do microcomputador na escola.

Esta hipótese não se confirmou no decorrer do trabalho. O aprendizado do microcomputador parece ter dinâmica própria. O seu contexto é multidisciplinar. Um repertório exclusivo de conteúdos de Física se constituiu em barreira para muitos alunos, particularmente, para aqueles que historicamente têm dificuldade com a disciplina. O microcomputador na forma como foi utilizado não contribuiu para superar-se dificuldades anteriormente detectadas. Ficou claro também, que a forma indutiva de raciocinar se, normalmente adotada

Capítulo IV

na solução de problemas é muito forte em nosso ambiente escolar, como pode ser observado nos quadros II-2, II-3 e II-4. As soluções, quase sempre particulares, tornam-se desestimulantes de serem programadas.

H.2 - O domínio do computador contribui para facilitar e ampliar a compreensão de determinados conceitos em Física.

A facilidade em programar dava ao aluno maior flexibilidade na estruturação do programa. O "lay-out" apresentava-se melhorado, com os elementos distribuídos na tela de forma mais agradável. Entretanto, não foi observado nenhuma caso que se destacasse pela apresentação de respostas fora do esperado. No início do curso dois alunos dominavam o microcomputador, e durante aquele ano, outros quatro, através de escolas especializadas melhoraram substancialmente seus conhecimentos relativos ao computador. Porém, isto entretanto, não trouxe contribuição visível para o aprendizado de Física.

Não se observou alteração no comportamento tracional dos alunos.

H.3 - No domínio afetivo, a utilização do computador favorece o interesse do aluno pelos conteúdos explorados.

Capítulo IV

Quanto a este aspecto, o domínio afetivo, pode-se considerar a situação em dois ângulos:

Satisfação com a resposta obtida

Sempre que o programa terminava com sucesso, depois de sua elaboração ter sido perseguida com empenho, havia manifestação de satisfação. Havia convites com insistência para testar o programa, e ouvir longas explicações de como tinha sido contornada esta ou aquela dificuldade. Importante destacar que isto aconteceu de forma sistemática com sete alunos, e a satisfação demonstrada estava mais para a realização do programa do que com a preocupação ou segurança sobre o eventual conteúdo utilizado. Em suma a preocupação era maior com a máquina do que com conhecimento necessário para a execução do programa.

Valorização

No final do curso, os alunos do segundo colegial (1984) participantes do experimento constante no capítulo II, foram solicitados a responder um questionário, voluntariamente. Vinte quatro o fizeram. Uma das questões versava sobre a experiência da implementação do computador na escola, tendo recebido resposta favorável unânime. É provável que a aceitação do computador seja resultado de produto social largamente difundido e assumido como um valor

Capítulo IV

para o desenvolvimento das atividades escolares e profissionais futuras. De forma convicta e consistente três alunos revelaram através de atitudes, primeira e posteriormente na definição entre opções profissionais aquelas ligadas à computação.

H.4 - O domínio do computador favorece o aparecimento de "insight" frente a alguns problemas.

No capítulo II, esta hipótese foi esgotada. Entretanto convém salientar que a programação tem certas características favorecendo o aparecimento de "insight". A organização do programa, a preocupação com os elementos de entrada e saída; o processamento induz o aluno a uma visão global do problema, permitindo-lhe a generalização. Este envolvimento todo acredita-se que facilite o aparecimento de "insight".

Contudo deve-se tomar cuidado com estes aspectos devido principalmente a dois fatores: a) não se conhece a história antecedente do aluno e b) a frequência com que ocorreu.

H.5 - O microcomputador favorece a concretização de conceitos formais em Física.

Esta hipótese foi proposta imaginando-se a exploração dos programas bem elaborados para tentativas de

Capítulo IV

simulação. Todavia não houve por parte dos alunos interesse em aproveitar o programa para analisar com maior profundidade as muitas possibilidades oferecidas pelos projetos. Acreditava-se que a utilização do microcomputador para simulação, poderia propiciar um conjunto de soluções, que devidamente analisadas poderiam dar um contorno mais claro e mesmo concreto do conceito.

Conforme já foi comentado, não houve simulação por parte dos alunos. A orientação dos trabalhos com o microcomputador, diga-se de passagem, não conduzia a exigências que provocassem esse comportamento. Esta hipótese deve ser considerada prejudicada tendo-se em vista que a estratégia elaborada não permitiu sua verificação.

Considerações

Ciente das inúmeras falhas que contém este trabalho, particularmente as de natureza acadêmica e dos modelos institucionalizados de pesquisa, espera-se ter prestado pequena colaboração sobre este assunto que começa a ocupar espaço dentro das escolas. É resultado de uma longa vivência em sala de aula, por isso guarda forte aparência com a descrição dos fatos. Concordante com a premissa de Novak (35), quanto a esperança na melhoria da educação residir num substancial aumento de pesquisa, ou ainda com Scheffler, quando afirma:

Capítulo IV

"Que tipo de paisagem a educação apresenta, então, à análise filosófica? Dentre os seus conceitos centrais, encontram-se idéias fundamentais como "conhecer", "aprender", "pensar", "compreender" e "explicar", as quais figuram de maneira destacada, não só na literatura filosófica tradicional, como também nos afazeres quotidianos e na psicologia científica. Além do que, existem idéias mais especificamente educacionais, tais como "disciplina mental", "rendimento", "currículo", "desenvolvimento do caráter" e "maturidade" que estão intimamente relacionadas com a prática escolar e que constituem, além disso, focos de um debate prático permanente. Esse debate pode servir para nos lembrar que educação não é apenas uma questão abstrata e intelectual, mas um campo de esforços práticos e de decisões igualmente práticas, no qual programas institucionais são propostos, criticados, justificados e rejeitados."

(34)

Capítulo IV

Referindo-se ainda à melhoria da educação, Novak aduz:

"A maior esperança para a melhoria da educação reside não na seleção de educadores mais bem dotados, mas no aumento da eficiência dos professores que temos. Pessoas bem dotadas são escassas em qualquer campo e não podemos esperar que Educação, Medicina, ou qualquer outro campo possa aumentar apreciavelmente a proporção de profissionais verdadeiramente bem dotados. O notável progresso na área da saúde, ocorrido nos últimos cinquenta anos, não resultou da seleção de médicos mais bem dotados, e sim de avanços na pesquisa nas ciências da saúde que levaram a novos conceitos e materiais para o cuidado da saúde. Um paralelo similar poderia ser estabelecido para a agricultura." (35)

...e também para o ensino.

F

I

M

REFERENCIAS

- (1) DIB, C.Z., **Tecnologia da Educação e sua Aplicação a Aprendizagem de Física**, Pioneira Editora, página 1 (1970)
- (2) FARRA, N., **Os Recursos Audiovisuais e a Renovação Didática**, Tese de Doutorado, Faculdade de Educação-USP, (1972)
- (3) MAMMANA, C.Z., **"A microrevolução, simples, inteligente e cobiçada"**, Revista Ciência Hoje, Vol.3 núm.14-página 50
- (4) FOX, A., **Iniciação ao Basic**, Editora Osborne/McGraw-Hill-Tradução: José Curcelli, primeiro capítulo, (1984)
- (5) MOTMOLLIN, M., **O Ensino Programado**, Livraria Almedina, Coimbra-Portugal, Traduzido por Nicolau de A.V.Raposo, pág.104, (1973)
- (6) idem, ibidem, pág. 108
- (7) KAY, P. et aliis, idem, pág. 113, idem
- (8) Papert, S., **MINDSTORMS Children, Computers, and Powerful Ideas**, Basic Books, Inc., Publishers/New York; pág. 6, (1980)
- (9) idem, ibidem
- (10) idem, pág. 7, idem
- (11) OLIVEIRA, J.C.A., **O Computador como Tecnologia Educacional**, Revista "Tecnologia Educacional", número 52, (1983)
- (12) SABATTINI, R.M.E., **Microcomputadores e Simulação no Ensino**, Revista "Tecnologia Educacional", número 52, (1983)
- (13) Informações recolhidas no Simpósio de Matemática, ocorrido em 1985, no IME-USP. Por consideração de natureza ética os nomes dos Colégios foram substituídos por letras do alfabeto. Deve-se esclarecer, entretanto, trataram-se de Colégios da rede particular de ensino, com clientela situada na faixa econômica classificada como média alta e alta.
- (14) Alguns colégios de São Paulo reservam em seus calendários a chamada "semana de recuperação".

Os alunos que obtiveram bons resultados no bimestre são dispensados, enquanto os outros são obrigados a participar de estudos intensivos para se recuperarem.

- (15) Anais dos simpósios:
La Londe Les Maures - França - (1983)
La Londe Les Maures - França - (1985)
Turin - Itália - (1984)
- (16) DORIA, M., O Computador como Instrumento Auxiliar de Ensino, Revista "Micro Sistemas", número 3 Superintendente da SEI (Secretaria Especial de Informática) de 1984/85
- (17) KLEIN, S.P., Rumo a Educação Informatizada, Revista "Micro Sistemas", número 18
- (18) SANTAROSA, L.M.C., Atitude dos Alunos com Referência Utilização do Computador no Processo Ensino-Aprendizagem, Revista "Tecnologia Educacional", número 52, (maio/junho 83)
- (19) EISBERG, R.M., Física - Fundamentos e Aplicações, Volumes 1, 2, 3 e 4, Editora McGraw-Hill (1982)
- (20) MACEDO, R.M.J., Entrevista sobre a utilização do Sistema Siscal e suas aplicações.- Porto Alegre (1982)
- (21) DARTMOUTH COLLEGE, Trabalho apresentado no Simpósio sobre recursos didáticos em física, La Londe Les Maures-França, (1985)
- (22) ALPERT, D., Idem, ibidem.
- (23) SCHWARTZ, L., The Role of the Micro-Computer in Physics Education, La Londe Les Maures-França, (1985)
- (24) WATSON, R.F., Computer - Based Projects In Science Education, An Overview, Publicação da J.C.S.T., Washington, (1983)
- (25) WINER, L.R. and MOTHE, J.R., Computers, Education and "Dead Shalk Syndrome", Concordia University, Montreal, Canada
- (26) GONICK, L. Introdução Ilustrada à Computação, Editora Harper e Row do Brasil (1984)
- (27) BLOOM, B.S. et al, Taxionomia de Objetivos Educacionais - Domínio Cognitivo, Editora Globo, oitava edição (1983)
- (28) HILGARD, E.R., Teorias da Aprendizagem, Editora Pedagógica Universitária e MEC, páginas 14, 279 a 281,

(1973)

- (29) STAKE, R.R., Prof. da Universidade do Illinois. Comunicação apresentada no seminário sobre Avaliação. Debate promovido pela PUC-RJ em agosto/82, patrocínio CAPES/MEC/CNPq.
- (30) SAAD, F.D., Tese de Doutorado, Faculdade de Educação da USP, página 114, (1983)
- (31) TYLER, R.W., Princípios Básicos de Currículo e Ensino Porto Alegre, Editora Globo, página 82 (1976)
- (32) NEWSOME, G.L., Em que Sentido a Teoria Dirige a Prática em Educação?, New Jersey, Prentice-Hall Inc., páginas 89 a 98, (1971)
- (33) FAI 4, Física Auto-Instrutivo, Editora Saraiva, Volume número 4, páginas 176/200, (1974)
- (34) NOVAK, J.D., Uma Teoria de Educação, Editora Biblioteca Pioneira de Ciências Sociais, página 175 (1981)
- (35) SCHEFFLER, I., A Linguagem da Educação, Editora da USP, página 17, (1974)