

O Uso de Computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidades e Uso Real

(Computer uses in physics teaching. Part I: Potentialities and actual uses)

Paulo Ricardo da Silva Rosa

Departamento de Física, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul

Campo Grande, MS, Cr. Postal 649, CEP 79070-900

e-mail: rosa@brufms OU rosa@dct.ufms.br

Trabalho recebido em 17 de dezembro de 1993

Resumo

Neste trabalho analisamos as potencialidades do uso de computadores no ensino de Física e as formas em que eles têm sido realmente utilizados, com ênfase nos pressupostos teóricos e vantagens do uso desse recurso em relação a outros meios e materiais instrucionais. O resultado dessa pesquisa é que poucos trabalhos analisam as vantagens, sob o ponto de vista educacional, do uso computadores no ensino de Física.

Abstract

In this work, we analyse the ways how computers have been used in physics education, in terms of possible uses of these devices and the actual uses. We found that, with respect to educational purposes, very few papers deal with the advantages of the use of computers in physics education.

Introdução

A partir do final da década de setenta e início dos anos oitenta a utilização de computadores pessoais disseminou-se pelo mundo todo e de forma significativa no Brasil. Como subproduto da corrida tecnológica, a Integração em Larga Escala (VLSI, sigla de Very Large Scale Integration) possibilitou a compactação dos antigos "cérebros eletrônicos" a níveis não imaginados pelos construtores do primeiro computador eletrônico, o ENIAC (sigla de Electrical Numerical Integrator and Associator Computer). Os computadores, de forma geral, passaram a ser utilizados cada vez mais nos diversos campos produtivos até que, no final da década de setenta, atingiram as residências para fins de diversão, primeiro através de vídeo games e depois através de computadores pessoais. Hoje, com a introdução de novas tecnologias como, por exemplo, "plug and play" (ligue e use) e dos modernos recursos multimídia, os

quais permitem a associação de texto, som e imagem, a tendência é da disseminação cada vez maior do uso dos computadores, fazendo do computador um artigo de uso diário e corriqueiro.

Seguramente o principal fator que provocou a disseminação tão acentuada do uso de computadores na sociedade moderna foi o baixo custo que esses sistemas atingiram, aliado a um desenvolvimento tecnológico cada vez mais acelerado. Apesar de computadores profissionais ainda serem caros para o poder aquisitivo médio dos brasileiros, os computadores pessoais com recursos multimídia e processadores 486 ou superiores, encontram-se a preços acessíveis para a classe média.

Como consequência dessa disseminação do uso de computadores na sociedade como um todo, as crianças e jovens adolescentes o encaram como mais um objeto a sua disposição, lidando com ele desde cedo. Isso faz com que, para eles, o computador seja apenas mais um elemento em suas vidas, como é o carro ou o aparelho

de televisão. Ou seja, o uso de computadores deixou de ser algo mágico e misterioso como era no início da produção dessas máquinas.

O fator custo baixo, aliado ao fator "convivência pacífica" entre usuário e máquina, leva à questão da utilização de computadores na Educação em geral e, em particular, no ensino de Física. Em algumas escolas a utilização intensiva de computadores já é uma realidade e a tendência é a introdução cada vez maior destas máquinas na rotina diária das escolas.

Os objetivos desta primeira parte do nosso trabalho são:

- Analisar as possíveis utilizações de computadores no ensino de Física.
- Discutir as formas como eles vêm sendo realmente utilizados.
- Sumarizar quais são os resultados, do ponto de vista pedagógico, até agora obtidos.

Cabe aqui um comentário a respeito da evolução tecnológica do uso dos computadores associados ao ensino. No período por nós analisado, que compreende o início da década de 80 ao ano de 1992, a evolução tecnológica das máquinas foi, para dizer o menos, assombrosa. O termo computador do início da década de 80 nada tem a ver com o mesmo termo nos dias de hoje, se nos referirmos, unicamente, às potencialidades computacionais das máquinas, tais como velocidade, memória, capacidades gráficas, etc. O que chamamos hoje de microcomputador possui maiores capacidades computacionais do que supercomputadores do início daquele período. Nesse sentido, não é nossa intenção comparar o desempenho das máquinas em si e nem a eficácia, sob o ponto de vista computacional, dos softwares analisados pois essa componente é fortemente dependente das características e potencialidades das máquinas. O que nos interessa é a *intenção* com que o educador introduziu o *instrumento de ensino* computador no ambiente de sala de aula e analisar se houve alguma avaliação do computador como instrumento de ensino versus outras possibilidades presentes e acessíveis ao educador como, por exemplo, uma aula de laboratório. Dentro desse contexto, certas características básicas, as quais são objeto de nosso interesse, permanecem inalteradas. Por

exemplo, o trabalho com um programa de instrução assistida por computador tem a característica de respeitar o ritmo do aluno, quer este trabalho seja realizado utilizando um Pentium com modernos recursos multimídia ou tenha sido realizado utilizando um dos velhos "main frames". Outro exemplo do que estamos falando diz respeito ao uso do computador como elemento de coleta de dados em tempo real. O fato básico, sob o ponto de vista pedagógico, é que o aluno não anota os dados de maneira clássica, apenas os analisa *a posteriori*.

A segunda parte será dedicada a um estudo mais aprofundado dos trabalhos que tentam fazer uma análise da influência do uso de computadores no ensino.

2. Os possíveis usos de computadores no ensino de Física

As potencialidades do uso de computadores no ensino de Física são grandes. Entre elas podemos citar:

1. Coleta e análise de dados em tempo real.
2. Simulação de fenômenos físicos.
3. Instrução assistida por computador.
4. Administração escolar.
5. Estudo de processos cognitivos.

Passaremos agora a analisar cada uma delas.

Os computadores podem ser usados para o monitoramento de experimentos, coletando dados em tempo real. Isto pode ser feito acoplando-se circuitos analógicos às portas de entrada dos computadores. Uma vez coletados os dados, esses podem ou não serem apresentados aos alunos na forma de tabelas, gráficos ou através do fornecimento de valores médios e desvios padrão, ou outro tratamento estatístico apropriado. Nesta atividade, ao aluno é reservado o papel de interprete dos resultados obtidos. Uma vantagem desta utilização do computador reside em que o aluno é colocado um pouco mais próximo de um laboratório "de verdade", no qual irá trabalhar, se optar pela Física experimental. Outra é que, estando livre da tarefa "chata" de anotar os dados, o aluno pode dedicar-se mais profundamente à tarefa de analisá-los e deles retirar o conteúdo físico.

Uma segunda utilização dos computadores se refere à simulação de fenômenos físicos. Neste item podemos caracterizar dois tipos de simulação: a simulação

estática e a simulação dinâmica. No primeiro caso, a simulação estática, o modelo do fenômeno já se encontra pronto cabendo ao aluno, simplesmente, a manipulação de parâmetros e a observação do que acontece. No segundo caso, a simulação dinâmica, cabe ao aluno a elaboração de um modelo explicativo do fenômeno e sua implementação. Isso pode ser feito via programação ou pela escolha, dentre situações já programadas, daquelas que ele (o aluno) julgue ser a mais correta a cada caso.

A terceira aplicação possível de computadores em ensino de Física diz respeito à instrução assistida por computador. Nela o computador atua como um tutor, mais ou menos rígido, dirigindo o estudo do aluno. O leque de tipos de instrução assistida vai desde o uso da máquina como um simples virador automático de páginas, no estilo das máquinas de ensinar skinnerianas, até a instrução individualizada, que leva em conta as peculiaridades de cada aluno, oferecendo opções diferenciadas de estudo para indivíduos com dificuldades específicas.

A Administração escolar é outra utilização possível. Neste aspecto, o computador pode ser usado não só na administração contábil, de pessoal, de almoxarifado, etc., como também no controle de rendimento discente durante o curso. Ainda dentro dessa categoria de aplicações, é possível classificar o uso do computador como administrador de testes de avaliação, tanto na fase de elaboração (banco de questões) como na fase de aplicação e correção (avaliação propriamente dita).

A última das aplicações possíveis diz respeito ao estudo das habilidades cognitivas dos alunos, através da análise de sua interação com o computador. Os projetos que trabalham com a linguagem LOGO são exemplos típicos desta classe. Ao contrário das quatro atividades anteriormente descritas, onde quem comanda o espetáculo é o programa já instalado na máquina pela equipe de instrutores, nesse caso é o aluno quem comanda o computador.

Estas seriam as aplicações "puras". Define-se como **Courseware** ao conjunto de programas educacionais que têm por função ministrar o ensino sob dada circunstância. Sem dúvida, um dos grandes problemas encontrados atualmente para um uso mais efetivo dos computadores como recurso instrucional é a disponibi-

lidade e a qualidade destes programas.

O que dissemos até aqui diz respeito ao uso potencial de computadores na área de ensino de Física. Mas onde realmente os computadores estão sendo usados? Para responder a essa questão foram analisados 182 (cento e oitenta e dois) artigos publicados em revistas nacionais e internacionais no período compreendido entre 1979 e 1992. As revistas analisadas foram as seguintes (as siglas entre parênteses dizem respeito às abreviaturas que serão usadas na tabela 2.1):

1. Tecnologia Educacional (TE)
2. Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF)
3. Cadernos Catarinenses de Ensino de Física (CCEF)
4. American Journal of Physics (AJP)
5. Physics Education (PE)
6. European Journal of Science Education / International Journal of Science Education (EJSE/IJSE)
7. Physics Teacher (PT)
8. Science Education (apenas no período 1979-1987) (SE)
9. Journal of Research in Science Teaching (JRST)
10. Physics Today (apenas no período 1979-1992) (PTO)

A ênfase da pesquisa foi em revistas que tratassem direta ou indiretamente com o ensino de Física¹. Não nos preocupamos com revistas que tratassem com Computação ou com Educação de uma forma mais abrangente, exceção feita à revista Tecnologia Educacional que, por tratar especificamente de tecnologia educacional, poderia conter algo de interesse ao ensino de Física.

A partir da análise feita, foram levantadas oito categorias de classificação dos trabalhos estudados. São elas:

1. Computador usado como ferramenta de laboratório para controle em tempo real de experimentos.

¹ Apesar dessa ênfase, como se verá na segunda parte do nosso trabalho, alguns artigos referentes ao ensino de Biologia e Química também foram analisados.

2. Computador usado como administrador.
3. Computador usado como avaliador da aprendizagem.
4. Introdução dos estudantes ao uso de computadores.
5. Computador usado na análise de dados provenientes de experimentos de laboratório.
6. Computador usado na simulação de situações físicas.
7. Computador utilizado na instrução individualizada.
8. Outras.

A tabela 2.1 traz a distribuição dos artigos estudados por grupo por ano². Nessa tabela o número de entradas é superior ao número de artigos estudados pois alguns artigos não podem ser enquadrados em uma única categoria.

Um primeiro aspecto que cabe salientiar nesta tabela é o grande interesse pelo uso de computadores no ensino, que é crescente até 1985, e o sensível decréscimo de interesse que ocorreu em 1986. O interesse ressurgiu em 1987 e mantém-se oscilando até 1992, com anos de grande interesse seguidos por anos nos quais há um decréscimo de interesse pela utilização de computadores.

Das aplicações possíveis de computadores ao ensino de Física, a mais utilizada é a simulação (59 artigos) seguida pelo uso de computadores como ferramenta para coleta e/ou análise de dados em tempo real (40 e 27 artigos respectivamente). A instrução assistida por computador é outra aplicação em que os computadores foram bastante utilizados (22 artigos)³.

O uso de computadores como ferramenta na coleta de dados em tempo real ou análise de dados (cálculos de médias e desvios padrão, confecção de gráficos e tabelas, etc.) se mostra uma aplicação poderosa dos computadores no ensino de Física. As áreas nas quais os computadores tiveram utilização foram: análise de dados (Otto, 1987; Collings e Greenslade Jr., 1989), Cinemática (Crandall e Stoner, 1982; Nicklin e Rafert,

1984; Bates, 1983; Feulner, 1991; Thornton e Sokoloff, 1990), controle de circuitos eletrônicos (Gorlan, 1983; Martin, 1983; Kirmann e Knaggs, 1982), lentes (Flerackers et al., 1984), analisador multicanal (Hodgkinson, 1985), Calorimetria (Bligh et al. 1987; Friedler et al. 1990), difração (Allen, 1985; Bennett 1990), efeito Hall (Bligh et al., 1985), oscilações (Calvo, 1983; Quist, 1983; Eckstein, 1990), sinais de áudio (Davies, 1985; Fegan e Grimley, 1985), coeficientes de restituição (Smith et al., 1981), interferometria (Matthys e Pedrotti, 1982), conversão analógico/digital (Nicklin e Rafert, 1983), ruído eletrônico (Jodoin e Irish, 1983), autocorrelação entre sinais (Miller e Peterson, 1982), rotações (Peterson e Willians, 1983), contador de pulsos (Wunderlich e Shaw, 1983), ajuste de curvas (Olson, 1991), pêndulo físico (Priest e Potts, 1990; Cortini, 1992), instrumentação (Kocher 1992), estudo dos princípios da Mecânica (Eckstein, 1990). Muitos desses trabalhos utilizam o computador nos dois grupos citados.

Em sala de aula⁴ o computador foi utilizado em duas situações.

A primeira delas foi na instrução assistida por computador (Veit et al., 1987; Wesley et al., 1985; Klein, 1983; Santarosa, 1980; Summers, 1979; Borghi et al., 1984; Miner e Lang, 1984; Folland et al. 1983; Brown e McMahon, 1979; Annolabéhère, 1980; Firth, 1984; Goth, 1986; Shaevel, 1981; Reynolds e Simpson, 1980; Battista e Krockover, 1984; Cavin et al., 1981; Zitzewitz e Beger, 1985; Milkent e Roth, 1989).

A segunda foi na simulação de situações físicas (Sabbatini, 1983; Romiszowski, 1984; Leming e Hostings, 1980; Borghi et al., 1984; Bonomo e Riggi, 1984; Chen, 1982; Riggi, 1981; Sauer, 1981a,b; Wilson, 1980; Marsh, 1980; Bold e Tan, 1985; Tajima et al., 1985; Perrel e Haase, 1984; Good, 1984; Mishima et al., 1980; Veit et al., 1987; Wilson, 1983; Fernandez et al., 1981; Kirkup, 1985; Humberston et al., 1983; Anolabéhère et al., 1980; Evans, 1980; Incardona, 1985; Ogborn e Wong, 1984; Firth, 1984; Dodd, 1983; Zolmann, 1984; Kirkup, 1985, 1986; Borghi et al., 1987; Squires, 1987; Hayden, 1984; Hubin, 1982; Jong, 1983; Thomas, 1982; Kelby,

² Os números dizem respeito aos grupos de trabalhos encontrados conforme a classificação apresentada.

³ O grupo caracterizado com OUTROS, apesar de 31 entradas na tabela 1, não é levado em conta nessa análise pois engloba artigos com os mais diferentes conteúdos.

⁴ Entende-se aqui por sala de aula um espaço diferente do espaço do laboratório.

Table I: Número de artigos publicados por grupo por ano

GRUPO	80	81	82	83	84	85	86	87	89	90	91	92	TOT.
1	0	3	4	10	2	6	0	2	2	6	2	3	40
2	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	5
3	2	2	1	2	1	1	0	1	0	1	0	0	11
4	1	4	2	1	1	1	1	0	1	0	1	0	13
5	0	1	2	2	1	1	0	3	4	6	4	3	27
6	8	5	4	4	4	4	1	4	3	6	4	7	59
7	3	3	1	3	2	2	1	1	1	3	0	0	22
8	0	2	0	6	3	3	0	9	2	1	1	2	31
TOTAL	14	20	14	29	23	19	3	21	13	24	12	16	208

1980; Shaevel, 1981; Sperandeo-Mineo, 1987; Reynolds e Simpson, 1980; McDermott, 1990; Córdova et al., 1992; Kindermann, 1990; Greenlow e Mathew, 1992; Jiu-ming, 1990; Sperandeo-Mineo e Falsone, 1990; Andrews e Tilley, 1991; Thomas, 1992; O'Sullivan, 1990; King, 1989; Davis e Greenslade Jr., 1991; Johnston e Segal, 1992; Macgregor, 1992; Dittmam, 1992; Yu et al., 1991; Santos, 1989, 1990, 1991). Os temas são os mais diversos como por exemplo: Mecânica Quântica, Mecânica Estatística, Hologramas, Dinâmica Molecular, Modelagem de situações físicas, etc. A exemplo do item anterior, nesse caso o mesmo artigo pode aparecer tanto na categoria Instrução Assistida por Computador como na categoria Simulação, pois, o mesmo trabalho utiliza a simulação como ferramenta da instrução assistida. Ou seja, muitas vezes o programa de simulação se encontra inserido dentro de um projeto maior de instrução individualizada, mas esta não é a norma geral.

Em termos de utilização de computadores na administração escolar temos poucos trabalhos: Kalman, 1987; McFarland et al., 1983, Lorenz, 1985; Silva e Sette, 1992.

No item "Outros" classificamos trabalhos que, embora abordassem o tema computadores, não se enquadravam em nenhuma das categorias já citadas. Estas análises dizem respeito basicamente a revisões de que modo os computadores podem ser usados⁵ (Faria, 1987; Levacov, 1987; Araújo e Oliveira, 1983; Aduen, 1983; Santarosa, 1985; Amaral, 1984; Peixoto, 1984;

Schwartz, 1983; Deeson, 1981; Graef, 1984; Taylor, 1987; Rogers, 1987; Beichner, R.J., 1989; Fagundes, 1992; Monteiro e Gomes, 1993), a questão política do uso dos computadores na escola (Levacov, 1987; Leite, 1987; Deeson, 1987; Chonacky e Ingoldsby, 1984; Romiszowski, 1983a,b; Carvalho, 1985; Ripper, 1983; Candau, 1991 e Mata, 1992), descrição do ambiente LOGO (Bustamante, 1987; Acunzo, 1987), modelagem dos processos cognitivos (Ogborn, 1987; Stoutemyer, 1981), treinamento de professores (Baird et al., 1989) e análise de currículo (Grable-Wallace et al., 1989).

Passaremos agora a uma análise dos artigos a partir de suas características pedagógicas.

São muito poucos os artigos estudados nos quais houve preocupação dos autores quanto a uma justificativa para o uso do computador em sala de aula ou laboratório, em detrimento de outras estratégias de ensino, com base em um referencial teórico que indique os processos pelos quais a aprendizagem ocorre. Parece à grande maioria dos autores estudados que não há necessidade de se pensar o uso de computadores, *a priori*, como parte de uma política educacional coerente. Pelo que transparece dos artigos basta colocar o computador em sala de aula que o resto se faz por si.

O mesmo acontece no que diz respeito ao estudo dos efeitos da introdução dos computadores em sala de aula. São muito poucos os artigos que esboçam uma tentativa de análise dos efeitos do uso desta estratégia^{6,7}: Wesley et al., 1985, analisam a questão do locus de con-

⁵Nenhuma delas no entanto é sobre o uso específico a que nos referimos no nosso trabalho.

⁶A análise mais detalhada do conteúdo desses artigos será feita na segunda parte desse nosso trabalho.

⁷Aqui analisaremos alguns artigos que não são propriamente de ensino de Física mas cujos conteúdos e resultados podem servir de

trole em termos de aquisição de conhecimentos em um curso tipo instrução assistida por computador; Klein, 1983, diz que há evidências de ganho de aprendizagem da linguagem FORTRAN em um curso tipo instrução assistida por computador; Santarosa, 1983, faz uma análise da atitude de alunos quando colocados frente ao computador como avaliador; Emck et al., 1981, analisam as vantagens e desvantagens do uso do computador como avaliador em um curso tipo Keller; Jones et al., 1983, descrevem os resultados de um estudo sobre a influência da instrução baseada em computador versus instrução tradicional, não encontrando diferenças significativas; Quist, 1983, descreve dois experimentos onde o computador é usado para coletar e analisar dados e inclui uma tímida discussão da estratégia; Brown e McMahon, 1979, descrevem um curso individualizado administrado por computador e fazem uma avaliação; Borghi et al., 1987, descrevem uma estratégia de ensino onde a experimentação e a simulação são utilizadas para alterar as concepções espontâneas; na área de mecânica, Hayden, 1984, chama a atenção, com muito bom humor, sobre o uso indiscriminado da simulação desvinculada do mundo *real*; Tinker, 1981, discorre sobre o uso de computadores no laboratório e apresenta algumas discussões sobre a filosofia subjacente; Reynolds e Simpson, 1980, descrevem e analisam um curso para professores onde a instrução baseada em computador era utilizada na simulação de situações de sala de aula; Cavin et al., 1981, analisam como a atitude de estudantes universitários frente ao computador e à Química era afetada pela instrução assistida por computador; Zitzewitz e Berger, 1985, descrevem um modelo matemático para a aprendizagem; Hammeed et al., 1993, estudam as concepções espontâneas em Química usando instrução assistida por computador, obtendo modificações significativas; Andaloro et al., 1991, discutem a validade da modelagem no ensino de Física; McDermott, 1990, discute a interação entre a pesquisa em ensino de Física e o desenvolvimento de software educacional; Berge, 1990, estuda o efeito do tamanho do grupo, sexo e capacidade de trabalho em grupo na aprendizagem de habilidades científicas usando computadores; Nachmias et al., 1990, analisam o uso de um

sistema de diagnóstico das concepções espontâneas em calor e temperatura; Flick, 1990, usou computadores no estudo de concepções espontâneas em Física; Milkent e Roth, 1989, usaram o computador como gerador de trabalhos de casa, obtendo um ganho na aprendizagem; Thornton e Sokoloff, 1990, usaram um delineamento experimental para estudar a influência de um currículo baseado em computadores, com enfoque em problemas de Mecânica, em contraposição a um currículo tradicional, obtendo vantagens para o primeiro; Wainwright, 1989, estudou a eficiência da instrução assistida por computador em Química; Hounshell e Hill, 1989, estudaram a aprendizagem de conceitos de Biologia e a atitude frente a disciplina de Biologia na escola secundária; Faryniarz e Lockwood, 1992, estudaram o impacto de simulações em computadores na solução de problemas ambientais por estudantes universitários; Baird et al., 1989 descrevem um programa de treinamento de professores para o uso de computadores; Friedler et al., 1990, estudaram os efeitos da melhora das capacidades de observação e predição, obtidas usando computadores, sobre a capacidade de raciocínio científico em problemas sobre calor e temperatura. Observe-se que, desses artigos, praticamente nenhum faz referência explícita à aprendizagem de conceitos em Física especificamente.

A tabela 2.2 traz a distribuição dos artigos por revista por ano. Nesta tabela não são computados alguns artigos que não pertencem ao período compreendido pela tabela ou são artigos de *Proceedings* ou ainda não dizem respeito especificamente ao ensino de Física⁸

Dentre as dez publicações, a revista que apresentou o maior número de trabalhos abordando o uso de computadores na área de ensino de Física foi o *American Journal of Physics* seguido de perto pela *Physics Education*. As revistas que menos artigos apresentaram foram *Science Education*⁹ e a *Revista Brasileira de Ensino de Física*, ambas com dois artigos. O tipo de artigo publicado nas revistas internacionais, já comentados em parágrafos anteriores, são quase todos de descrição de aplicações. Já nas revistas nacionais analisadas os artigos são basicamente de descrição de utilizações potenciais. Um número bastante grande de artigos tratam

guia para estudos desse tipo em ensino de Física.

⁸Esses artigos, no entanto, encontram-se na lista de referências.

⁹Observe-se que para essa revista temos dados apenas até 1987.

de potencialidades ou revisões da literatura de uso de computadores em educação. Não existe praticamente na literatura nacional estudada artigos que descrevam aplicações de computadores ao ensino de Física (o único é o de Veit et al., 1987). Essa constatação é, provavelmente, decorrência do fato de que o uso de computadores em geral ser um fenômeno recente no Brasil, mesmo a nível universitário.

3. Conclusão

Neste trabalho procuramos fazer uma revisão da literatura, do início da década de oitenta até os dias de hoje, para sabermos quais são as potencialidades do uso de computadores em ensino de Física e a forma como os computadores estão sendo realmente utilizados no ensino de Física. Nos detivemos especificamente em revistas que tratam do ensino de Física ou Ciências, exceção feita à revista *Tecnologia Educacional*, que é uma revista de âmbito mais geral.

Observamos que os computadores estão sendo utilizados indiscriminadamente sem que haja uma preocupação com a avaliação dos resultados obtidos e sem que exista um projeto educacional embasado em alguma teoria de aprendizagem que justifique a introdução desses equipamentos nas escolas. Poucos são artigos que se preocupam em avaliar a utilização de computadores. Os resultados obtidos até agora serão objeto do nosso próximo trabalho.

Outra característica observada a partir dos artigos é o fato de que se procura emular em cima dos computadores velhas tecnologias educacionais, sem explorar, de fato, os desenvolvimentos tecnológicos que aconteceram nos últimos anos, em busca de uma tecnologia própria de ensino.

Em termos de Brasil, existe quase que um deserto em termos de desenvolvimento de software educacional na área de Física. Os projetos desenvolvidos estão dentro do projeto EDUCOM (UFMG, UFRGS/LEC, UFRGS/FACED) ou são atividades isoladas dentro dos Institutos de Física (Veit et al., 1987, por exemplo).

A conclusão a que chegamos a partir da nossa análise é a de que não existem ainda evidências suficientes para afirmar, categoricamente, a vantagem ou a desvantagem do uso de computadores no ensino de Física. Da leitura dos artigos não emerge, por exemplo, a confiança de que um programa de simulação seja

mais eficiente, sob o ponto de vista de aprendizagem conceitual, do que um experimento de laboratório bem elaborado e explorado. Em nossa opinião, uma grande quantidade de pesquisas ainda se faz necessária para determinar se essas vantagens existem e em que condições aparecem.

Referências Bibliográficas

1. Acunzo, I.M.M. Ambiente Logo? Reflexão sobre a experiência de ensinar a crianças uma linguagem de computação. *Tecnologia Educacional* 16(74), 1987.
2. Aduen, W.E. O computador na educação: herói ou bandido? *Tecnologia Educacional* 52, 1983.
3. Allen, A.R. Optical Diffraction patterns displayed by computer. *Physics Education* 20, 1985.
4. Amaral, M.C.L.F. O computador no processo ensino-aprendizagem. *Tecnologia Educacional* 13(61), 1984.
5. Andaloro, G., Donzelli, V. & Sperandio-Mineo, R.M. Modelling in physics teaching: the role of computer simulation. *International Journal of Science Education* 13(3), 1991.
6. Andrews, D.G.H. & Tilley, D.R. A computer model of laser action in the teaching of computational physics. *American Journal of Physics* 59(6), 1991.
7. Annolabéhère, D., Bernard-Daugeras, N., Fanard-Sérémo, C., Fiszer, J., Lauthier, M. & Périquet, G. A contribution of the computer to Biology education at the University. *European Journal of Science Education* 2(4), 1980.
8. Baird, W.E., Ellis, J.D. & Kuerbis, P.J. Enlist Micros: training science teachers to use computers. *Journal of Research in Science Teaching* 26(7), 1989.
9. Bates, P.A. Microcomputer measurement of the velocity of sound in air. *Physics Education* 18, 1983.

10. Battista, M.T. & Krockover, G.M. The effects of computer use in science and mathematics education upon the computer literacy of preservice elementary teachers. *Journal of Research in Science Teaching* 21(1), 1984.
11. Beichner, R.J. Applications of Macintosh microcomputers in introductory physics. *The Physics Teacher*, maio 1989.
12. Bennet, C.A. A computer assisted experiment in single-slit diffraction and spatial filtering. *American Journal of Physics* 58(1), 1990.
13. Berge, Z.L. Effects of group size, gender and ability grouping on learning science process skills using microcomputers.
14. Bligh, P.H., Johnson, J.J. & Ward, J.M. Automating the Hall effect. *Physics Education* 20, 1985.
15. Bligh, P.M., Haywood, R. & Johnson, J.J. Heat capacity of solids - by courtesy of the computer. *Physics Education* 22, 1987.
16. Bold, G.E.J. & Tan, S.M. Teaching simulation with a 'digital' analog computer. *American Journal of Physics* 53(5), 1985.
17. Bonomo, R.P. & Righi, F. The evolution of the speed distribution for a two-dimensional ideal gas: a computer simulation. *American Journal of Physics* 52(1), 1984.
18. Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P., Massara, C.I., Gazzaniga, G. & Ironi, L. Computers in physics education: an example dealing with collision phenomena. *American Journal of Physics* 52(7), 1984.
19. Borghi, L., De Ambrosis, A., Mascheretti, P., Massara, C.I. Computer simulation and laboratory work in the teaching of mechanics. *Physics Education* 22, 1987.
20. Brown, M. & McMahon, H. Computer managed independent learning in A-level physics. *Physics Education* 14, 1979.
21. Bustamante, S.B.V. Logo: uma proposta pedagógica. *Tecnologia Educacional* 77, 1987.
22. Calvo, J.L., Pena, J.J. & Perez, A.L. Teaching oscillations with a small computer. *Physics Education* 18, 1983.
23. Candau, V.M. Informática na educação: um desafio. *Tecnologia Educacional* 20(98/99), 1991.
24. Carvalho, H.G. Computadores nas escolas: comentando algumas objeções. *Tecnologia Educacional* 14(62), 1985.
25. Cavin, C.S., Cavin, E.D. & Logowski, J.J. The effect of computer-assisted instruction of the attitudes of college students toward computers and chemistry. *Journal of Research in Science Teaching* 18(4), 1981.
26. Chen, R.W. Computer graphics for solutions of time-dependent Schrödinger equations. *American Journal of Physics* 50(10), 1982.
27. Chonacky, N. microcomputer data management in an introductory physics laboratory. *American Journal of Physics* 50(2), fevereiro 1982.
28. Chonacky, N. & Ingoldby, T.C. microcomputers for physics teaching: the shape of things. *The Physics Teacher*, janeiro 1984.
29. Collings, P.J. & Greenslade Jr., T.B. Using the computer as a laboratory instrument. *The Physics Teacher*, fevereiro de 1989.
30. Córdova, R.S., Magdaleno, J.C.M., Donoso, E.L. & Allende, R.G. Simulação computacional de experiências de Física moderna. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física* 9(2), 1992.
31. Cortini, G. The use of the computer as a laboratory instrument in teaching experimental physics. *Physics Education* 27, 1992.
32. Crandall, A.J. & Stoner, R. A microcomputer-controlled measurement of acceleration. *The Physics Teacher*, maio 1982.
33. Curd, S.E. & Geilker, C.D. The aim 65 microcomputer as an aid to data collection in general physics laboratory experiments. *American Journal of Physics* 51(1), 1983.

34. Cuthbert, L.G. microprocessors in schools? **Physics Education** 16, 1981.
35. Davies, H. microcomputer based acoustic signal processing in the teaching laboratory. **American Journal of Physics** 53(11), 1985.
36. Davis, J.F. & Greenslade Jr., T.B. Computer modeling of mirage formation. **The Physics Teacher**, janeiro 1991.
37. Dean, P.J. & Muekett, A.J. Extended colour-home methods and applications. **Physics Education** 20, 1985.
38. Deeson, E. The Sinclair ZX81 - toy or treasure? **Physics Education** 16, 1981.
39. Deeson, E. Learning physics with it - to school or not to school. **Physics Education** 22, 1987.
40. Dittmann, H. & Schneider, W.B. Simulated holograms - a simple introduction to Holography. **The Physics Teacher** 30, abril 1992.
41. Dodd, N.A. Computer simulation of diffraction patterns. **Physics Education** 18, 1983.
42. Eckstein, S.G. Verification of fundamental principles of mechanics in the computerized student laboratory. **American Journal of Physics** 58(10), 1990.
43. Eckstein, S.G. & Fekete, D. Investigation of driven harmonic oscillations in the computerized student laboratory. **American Journal of Physics** 59(5), maio 1991.
44. Emck, J.H., Fergusson-Hessler, M.G.M. A computer-managed Keller plan. **Physics Education** 16, 1981.
45. Evans, D.E. Computer solution of the Schrödinger equation-two useful programs. **Physics Education** 15, 1980.
46. Fagundes, L.C. Informática na escola. **Tecnologia Educacional** 21(107), 1992.
47. Faria, W. Utilização de computadores no ensino básico. **Tecnologia Educacional** 77, 1987.
48. Faryniarz, J.V. & Lockwood, L.G. Effectiveness of microcomputer simulations in stimulating environmental problem solving by community College students. **Journal of Research in Science Teaching** 29(5), 1992.
49. Fegan, D.J. & Grimley, H.M. Electronic speech synthesis with microcomputer control. **American Journal of Physics** 53(11), 1985.
50. Feinberg, R. & Knittel, M. microcomputer spreadsheet programs in the physics laboratory. **American Journal of Physics** 53(7), 1985.
51. Fernandez, J.M.V., Bernal, J.J.P., Bueno, M.A.R., Delgado, M.G. & Balsena, B.M. Teaching kinematics with electronic equipment. **American Journal of Physics** 49(5), 1981.
52. Feulner, J. Graphing with computers in the physics lab. **The Physics Teacher**, fevereiro 1991.
53. Firth, L.D. A corridor microcomputer for physics demonstrations. **Physics Education** 19, 1984.
54. Flerackers, E.L.M., Janssen, H.J. & Poulis, J.A. Combination of thin lenses - a computer oriented method. **Physics Education** 19, 1984.
55. Flick, L.B. Interaction of intuitive physics with computer-simulated physics. **Journal of Research in Science Teaching** 27(3), 1990.
56. Folland, N.O., Marchini, R.R., Rhyner, C.R. & Zeilik, M. Report on using TIPS (Teaching Information Processing System) in teaching physics and astronomy. **American Journal of Physics** 51(5), 1983.
57. Fontanive, N.S. O modelo de aprendizagem para o domínio de Benjamin Bloom - uma experiência de utilização no Instituto de Ciências Biomédicas da UFRJ. **Tecnologia Educacional** 35, 1980.
58. Friedler, Y., Nachmias, R. & Linn, M.C. Learning scientific reasoning in microcomputer-based laboratories. **Journal of Research in Science Teaching** 27(10), 1990.
59. Gale, D.S. Integrating microcomputers and microelectronics into the physics curriculum. **American Journal of Physics** 48(10), 1980.

60. Gonçalves, W.M., Heinrich, A.F. & Sartorelli, J.C. Aquisição de dados com a porta de jogos de computadores Apple. *Revista de Ensino de Física* 13, 1991.
61. Good, R.H. Dipole radiation: simulation using a microcomputer. *American Journal of Physics* 52(12), 1984.
62. Gorlan, D.A. A microcomputer interface for external circuit control. *Physics Education* 18, 1983.
63. Goth, G.W. Dimensional analysis by computer. *The Physics Teacher*, fevereiro 1986.
64. Grable-Wallace, L., Mahoney, J. & Ramakrishnam, P. Suggested Courseware for the non-calculus physics student: fluid dynamics, kinetic theory and thermal properties. *The Physics Teacher*, janeiro 1989.
65. Graef, J. Teaching science with computers. *The Physics Teacher*, outubro 1984.
66. Greenlow, R.C. & Matthew, J.A.D. Continuum computer solutions of the Schrödinger equation. *American Journal of Physics* 60(7), 1992.
67. Guglielmino, R. Using spreadsheets in an introductory physics lab. *The Physics Teacher*, março 1989.
68. Hammeed, H., Hackling, M.W. & Garnett, P.J. Facilitating conceptual change in chemical equilibrium using CAI strategy. *International Journal of Science Education* 15(2), 1993.
69. Hayden, H.C. computer simulations of $F = m/a$. *The Physics Teacher*, abril 1984.
70. Hermann, N. Practical Science with computers in France. *Physics Education* 27, 1992.
71. Hodgkinson, J.A. The use of a microcomputer as a multichannel analyser. *Physics Education* 20, 1985. Hounshell, P.B. & Hill, S.R.Jr. The microcomputer and achievement and attitudes in high school Biology. *International Journal of Science Education* 26(6), 1989.
72. Howard, E. & Howard, P. Computer controlled experiments using the interactive microcomputer peripheral. *Physics Education* 20, 1985.
73. Hubin, W.N. Astronomy graphics. *The Physics Teacher*, outubro 1982.
74. Humberston, J.W., McKenzie, J. & McTierman, P.C. Computer simulation of a particle in a one-dimensional double a triple potential well. *Physics Education* 18, 1983.
75. Humberston, J. W. e McKenzie, J. The teaching of computing in an undergraduate physics course. *Physics Education* 19, 1984.
76. Hurd, D.L. A physics with microcomputing degree course. *Physics Education* 16, 1981.
77. Incardona, S. Computer simulation of two-dimensional gas effusion. *Physics Education* 20, 1985.
78. Jarvis, W.H. Which computador? *Physics Educations* 18, 1983.
79. Jiu-ming, Z. A simulation of the hydrogen spectrum. *The Physics Teacher*, dezembro 1990.
80. Jodoin, R.E. & Irish, W. Spectra of electronics noise signals: a microcomputer experiment. *American Journal of Physics* 54(4), 1983.
81. Joly, M.C.R.A. Eficiência de um texto sobre aquisição de conhecimento básico em computação. *Tecnologia Educacional* 15(73), 1986.
82. Johnston, I.D. & Segal, D. Electrons in a cristal lattice: a simple computer model. *American Journal of Physics* 60(7), 1992.
83. Jones, L.M., Kane, D. Sherwood, B.A. & Avner, R.A. A final-exam comparison involving computer based instruction. *American Journal of Physics* 51(6), 1983.
84. Jong, M.L. De Video physics. *The Physics Teacher*, maio 1983.
85. Jong, M.L. De & Layman, J.W. Using the Apple II as a laboratory instrument. *The Physics Teacher*, maio 1984.

86. Kalman, C.S. A computer-managed undergraduate physics laboratory. **American Journal of Physics** 55(1), 1987.
87. Kelby, D.E. Computing E-filed lines. **The Physics Teacher**, setembro 1980.
88. Kinderman, J. A computing laboratory for introductory quantum mechanics. **American Journal of Physics** 58(6), 1990.
89. King, W.H. Three gravitating bodies: a micro-computer simulation. **Physics Education** 24, 1989.
90. Kirkmann, J. & Knaggs, D. microcomputer controlled experiments. **Physics Education** 17, 1982.
91. Kirkup, L. Computer simulation of electric field lines. **Physics Education** 20, 1985.
92. Kirkup, L. Magnetic field line simulation using a microcomputer. **Physics Education** 21, 1986.
93. Klein, S.P. O desafio à educação frente ao avanço tecnológico. **Tecnologia Educacional** 52, 1983.
94. Kocher, C.A. A laboratory course in computer interfacing and instrumentation. **American Journal of Physics** 60(3), 1992.
95. Krajcik, J & Lunetta, V.N. A research strategy for the dynamic study of student's concepts using computer simulations. **Proceedings of the Second International Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"**, vol. III, 1987.
96. Laws, P. Calculus-based physics without lectures. **Physics Today**, dezembro 1991.
97. Leite, L.S. A qualidade do Courseware **Tecnologia Educacional**, 77, 1987.
98. Leming, C.W. & Hostings, O.P. Computer-generated microwave holograms. **American Journal of Physics** 48(11), 1980.
99. Levacov, M. Avaliação de software educacional. **Tecnologia Educacional** 77, 1987.
100. Lima, M.C.M.A. A informática educativa no contexto do Ministério da Educação e Cultura. **Tecnologia Educacional** 13(59), 1984.
101. Lorenz, K. M. O uso de microcomputador na análise da estrutura do currículo. **Tecnologia Educacional** 16(65), 1985.
102. Macgregor, A.E. Computer generated holograms from dot matrix and laser printers. **American Journal of Physics** 60(9), 1992.
103. Marinho, S.P.P. computadores em educação. Conclusões e recomendações de um simpósio internacional. **Tecnologia Educacional**, 16 (78/79), 1987.
104. Marsh, D.P. Applications of microcomputers in the teaching of physics - 6502 software. **American Journal of Physics** 48(11), 1980.
105. Martin, P. A modular system of interfacing micro-computer. **Physics Education** 18, 1983.
106. Mata, M.L. Informática na educação: realismo e utopia. **Tecnologia Educacional** 21(105/106), 1992.
107. Matthys, D.R. & Pedrotti, F.L. Fourier transforms and the use of a microcomputer in the advanced undergraduate laboratory. **American Journal of Physics** 50(11), 1982.
108. McDermott, L.C. Research and computer-based instruction: opportunity for interaction. **American Journal of Physics** 58(5), 1990.
109. McFarland, E.L., Hallett, F.R. & Hunt, J.L. Computerized administration of personalized-system-of-instruction courses. **American Journal of Physics** 51(7), 1983.
110. McKenzie, J. A graphical CAL program for Fourier series. **Physics Education** 17, 1982.
111. MEC/FUNTEVÊ/CENIFOR. **Educação e Informática. Projeto EDUCOM-ANO I**. Rio de Janeiro, 1985.
112. Milkent, M.M. & Roth, W-M. Enhancing student achievement through computer-generated homework. **Journal of Research in Science Teaching** 26 (7), 1989.

113. Miller, S.R. & Peterson, M.A. microcomputer as a real-time digital autocorrelator. **American Journal of Physics** 50(12), 1982.
114. Miner, G.K. & Lang, J. E. Computer-generated problem assignments. **American Journal of Physics** 52(4), 1984.
115. Mishima, N., Petrosky, T.Y., Minowa, H. & Goto, S. Model experiment of two-dimensional Brownian motion by microcomputer. **American Journal of Physics** 48(12), 1980.
116. Monteiro, E.B. & Gomes, F.R.S. Informática e Educação. **Tecnologia Educacional** 22(110/111), 1993.
117. Nachmias, R., Stavy, R. & Avrams, R. A microcomputer based diagnostic system for identifying student's conception of heat and temperature. **International Journal of Science Education** 12(2), 1990.
118. Nicklin, R.C. & Rafert, J.B. The computer in lab - A/D and D/A conversion. **American Journal of Physics** 51(5), 1983.
119. Nicklin, R.C. & Rafert, J.B. Velocity measurements of humans by computers. **The Physics Teacher**, abril 1984.
120. Ogborn, J. & Wong, D. A microcomputer dynamical modelling system. **Physics Education** 19, 1984.
121. Ogborn, J. Prolog and models of reasoning in science. **Physics Education** 22, 1987.
122. O'Sullivan, C.T. Introducing classical mechanics by means of microcomputer-based air-track experiments. **Physics Education** 25, 1990.
123. Okey, J.R. et al. Classroom diagnostic testing with microcomputers. **Science Education** 66(4), 1982.
124. Oliveira, J.C.A. O computador como tecnologia educacional. **Tecnologia Educacional** 52, 1983.
125. Olson, J. Function Recognition and computerized graphing. **The Physics Teacher**, maio 1991.
126. Otto, F.B. Checking labs by computer. **The Physics Teacher**, setembro 1987.
127. Peixoto, M.C.L. O computador no ensino de 2º grau no Brasil. **Tecnologia Educacional** 13(60), 1984.
128. Perrell, L.R. & Haase, D.G. Self-catalysis in solid hydrogen - A computer simulation. **American Journal of Physics** 52(9), 1984.
129. Peterson, F.C. & Willians, S.A. A computerized rotational motion experiment for the introductory physics laboratory. **American Journal of Physics** 51(10), 1983.
130. Priest, J. & Potts, L. Computer analysis of a physical pendulum. **The Physics Teacher**, setembro 1990.
131. Quist, G.M. The PET and pendulum: an application of microcomputers to the undergraduate laboratory. **American Journal of Physics** 51(2), 1983.
132. Rafert, B. e Nicklin, R.C. microcomputers in the laboratory. **American Journal of Physics** 50(2), 1982.
133. Reynolds, D.S. & Simpson, R.D. Pilot study using computer-based simulations on Human transactions and classroom management. **Science Education** 64(1), 1980.
134. Riggi, F. Using simulation on programmable pocket calculators in computer assisted instruction. **American Journal of Physics** 49(2), 1981.
135. Ripper, A. V. O computador chega à escola. Para quê? **Tecnologia Educacional** 52, 1983.
136. Rogers, L.T. The computer-assisted laboratory. **Physics Education** 22, 1987.
137. Romiszowski, A.J. Computador na educação - o que há para ler - comentários e informações. **Tecnologia Educacional** 12(54), 1983a.
138. Romiszowski, A.J. Computador na educação como começar com o mínimo de recursos. **Tecnologia Educacional** 12(55), 1983b.

139. Romiszowski, A.J. Simulação: o uso do computador como laboratório. **Tecnologia Educacional**, 1984.
140. Sabbatini, R.M.E. Microcomputadores e simulação no ensino. **Tecnologia Educacional** 52, 1983.
141. Santarosa, L.M.C. Análise e perspectivas da utilização do computador como recurso instrucional. **Tecnologia Educacional** 32, 1980.
142. Santarosa, L.M.C. Atitude dos alunos com referência à utilização do computador no processo ensino-aprendizagem. **Tecnologia Educacional** 52, 1983.
143. Santarosa, L.M.C. Microcomputadores para o desenvolvimento de habilidades do aluno através de sistemas dinâmicos de ensino. **Tecnologia Educacional** 13(64), 1985.
144. Santos, A.C.K. Stella no modelamento de equações diferenciais. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física** 6(3), 1989.
145. Santos, A.C.K. Modelamento computacional através do sistema de modelamento celular (CMS): alguns aspectos. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física** 7(1), 1990.
146. Santos, A.C.K. Alguns aspectos do uso do sistema de modelamento IQON no ensino da Física. **Cadernos Catarinenses de Ensino de Física** 8(2), 1991.
147. Sauer, G. Playing the quantum shuffling game with programmable pocket calculators and microcomputers. **Physics Education** 16, 1981a.
148. Sauer, G. Teaching classical statistical mechanics: a simulation approach. **American Journal of Physics** 49(1), 1981b.
149. Schafer, E. & Marschall, L.A. Design and use of a computerized test generating program. **American Journal of Physics** 48(7), 1980.
150. Schultz, K., Murray, T., Clement, J. & Brown, D. Overcoming misconceptions with a computer-based tutor. **Proceedings of the Second International Seminar "Misconceptions and Educational Strategies in Science and Mathematics"**, vol. III, 1987.
151. Schwartz, J.L. the role of the micro-computer in physics education. **International summer Workshop: Research on Physics Education**. La Londe les Maure, França, 1983.
152. Seligmann, P. & Spencer, C.D. Two freshman courses which introduce digital electronics, programming, computers and interfacing. **American Journal of Physics** 53(4), 1985.
153. Shaevel, M.L. A microcomputer self-check and demonstration for ac series circuits. **The Physics Teacher**, maio 1981.
154. Silva, Z.C. & Sette, S.S. Avaliação integrada assistida por computador - Uma proposta. **Tecnologia Educacional** 21(105/106), 1992.
155. Smith, P.A., Spencer, C.D. & Jones, D.E. micro-computer listens to the coefficient of restitution. **American Journal of Physics** 49(2), 1981.
156. Sparkes, B. microcomputers in Physics. **Physics Education** 16, 1981.
157. Sperandeo-Mineo, R.M. & Tripi, G. Microcomputer simulation of real gases - part I - Intermolecular forces and spatial structure. **Physics Education** 22, 1987.
158. Sperandeo-Mineo, R.M. & Falsone, A. Computer simulation of ergodicity and mixing in dynamical systems. **American Journal of Physics** 58(11), 1990.
159. Squires, D. Providing computer-based experience for learning physics. **Physics Education** 22, 1987.
160. Stankevitz, J. Microcomputer as a time device. **The Physics Teacher**, março 1981.
161. Stevenson, P. Electronics - the new core technology. **Physics Education** 16, 1981.
162. Stoutemyer, D.R. Computer symbolic math in physics education. **American Journal of Physics** 49(1), 1981.

163. Summers, M.K. Physics CAL with microcomputers. *Physics Education* **14**, 1979.
164. Summers, M.K. A simple microprocessor breadboard system for use in microelectronics on computer education - part 2. *Physics Education* **17**, 1982.
165. Tajima, T., Clark, A., Craddock, G.G., Gilden, D.L., Laung, W.K., Li, Y.M. Robertson, J.A. & Saltzman, B.J. Particle simulation of plasmas and stellar systems. *American Journal of Physics* **53**(4), 1985.
166. Taylor, E.F. Comparison of different uses of computers in teaching physics. *Physics Education* **22**, 1987.
167. Thomas, W.E. Astronomy simulation with computers graphics. *The Physics Teacher*, novembro de 1982.
168. Thomas, W.E. The three-body problem: a computer simulation. *The Physics Teacher* **30**, maio 1992.
169. Thornton, R.K. Tools for scientific thinking-microcomputer-based laboratories for physics teaching. *Physics Education* **22**, 1987.
170. Thornton, R.K. & Sokoloff, D.R. Learning motion concepts using real-time microcomputer-based laboratory tools. *American Journal of Physics* **58**(9), 1990.
171. Tinker, R.F. microcomputers in the teaching lab. *The Physics Teacher*, fevereiro 1981.
172. Veit, E., Thomas, G., Fries, S.G., Axt, R. & Selistre, L.F. O efeito fotoelétrico no 2º grau via microcomputador. *Cadernos Catarinenses de Ensino de Física*, 1987.
173. Wainwright, C.L. The effectiveness of a computer-assisted instruction package in high school Chemistry. *International Journal of Science Teaching* **26**(4), 1989.
174. Walter, R.K. Simulating physics problems with computer spreadsheets. *The Physics Teacher*, março 1989.
175. Waugh, M.L. Effects of microcomputer-administered diagnostic testing on immediate and continuing science achievement and attitudes. *Journal of Research in Science Teaching* **22**(9), 1985.
176. Wesley, B.E., Krockover, G.H. & Devito, A. The effects of computer-assisted instruction and locus of control upon preservice elementary teachers' acquisition of the integrated science process skills. *Journal of Research in Science Teaching*, **22**(8), 1985.
177. Wilson, J.M. Experimental simulation in the modern physics laboratory. *American Journal of Physics* **48**(9), 1980.
178. Wilson, J.M. The impact of computers on the physics laboratory. *International Summer Workshop: Research on Physics Educations*. La Londe les Maures, França, 1983.
179. Wunderlich, F.J. & Shaw, D.E. Under \$100 home computers as laboratory devices. *American Journal of Physics* **51**(9), 1983.
180. Yu, K.W., Chung, W.K. & Mak, S.S. Computer simulation of space charge. *American Journal of Physics* **59**(5), 1991.
181. Zitzewitz, B.S. & Berger, C.F. Applications of mathematical learning models to student performance on general chemistry: microcomputer drill and practice programs. *Journal of Research in Science Teaching* **22**(9), 1985.
182. Zollman, D. Computer games for projectile motion instruction. *The Physics Teacher*, novembro 1984.