

# Proposta de um Laboratório Didático em Microescala Assistido por Computador para o estudo de Mecânica

(Proposal of a Didactic Laboratory in microescala attended by computer for the study of Mechanics)

Marisa Almeida Cavalcante, Cristiane R. C. Tavoraro, Ariovaldo S. Cruz Caetano  
e Elias da Silva

*GOPEF - Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP*

*Departamento de Física*

*E-mail: marisac@exatas.pucsp.br*

*http://mesonpi.cat.cbpf.br/verao98/marisa*

Recebido em 2 de Setembro, 1998

Este trabalho aponta algumas possibilidades na utilização de sistemas informatizados para a coleta e análise de dados em medidas físicas para a construção de conhecimento físico através de um processo vivencial. No exemplo apresentado, indicamos alguns caminhos onde podemos realizar um processo de análise profunda de um fenômeno físico, estimulando a capacidade criativa e crítica do estudante, preparando-o para o exercício de sua cidadania. Os desafios são lançados à cada nova medida física. Novas questões são introduzidas pelos estudantes e novas investigações *são orientadas* pelo professor, no sentido de buscar a solução para os problemas propostos, consolidando um entendimento adequado do fenômeno estudado. Uma descrição do equipamento desenvolvido é fornecida permitindo uma adaptação de sistemas de coleta e análise de dados informatizados à realidade brasileira, permitindo inclusive a sua utilização no Ensino Médio.

This work aims some possibilities in the use of computerized systems for the collection and analysis of data in physical measures for the construction of physical knowledge through a process of experimentation. In the presented example we indicated some roads where we can accomplish a process of deep analysis of a physical phenomenon, stimulating the creative and critical capacity of the student, preparing it for the exercise of its citizenship. The challenges are thrown in each new physical measure. New subjects are introduced by the students and new investigations are guided by the teacher, in the sense of looking for the solution for the proposed problems, consolidating an adapted understanding of the studied phenomenon. A description of the developed equipment is supplied allowing an adaptation of collection systems and analyze of data computerized to the Brazilian reality, allowing its use in high school level too.

## I Introdução - O Ensino e a Evolução Tecnológica

A evolução dos computadores nas últimas décadas tem trazido mudanças significativas na postura de profissionais das diferentes áreas na busca de soluções, tirando partido da imensa capacidade que os mesmos oferecem. Quando abordamos o desenvolvimento da Física nos últimos anos, independentemente da natureza teórica ou experimental, percebe-se claramente a imensa influência dos computadores na resolução de problemas. Aos físicos teóricos, permitiu a in-

terpretação de fenômenos anteriormente proibidos diante do grande volume de cálculos requeridos para sua solução. No que se refere a problemas experimentais, a possibilidade de controle de variáveis durante longos períodos de tempo, o controle simultâneo de diferentes grandezas físicas e a aquisição informatizadas de dados, bem como o tratamento imediato destes resultados, permitiram trazer à tona fenômenos que anteriormente não podiam ser observados. Por outro lado, a evolução do conhecimento físico permite desenvolver sucessivas gerações de computadores cada vez mais velozes e com maior capacidade de memória. Nasce, assim,

uma fusão entre diferentes ciências que caracterizam uma evolução crescente do conhecimento científico e da produção tecnológica. Diante deste contexto é lançado um desafio: Como a escola deve atuar para preparar adequadamente o cidadão do terceiro milênio? De que maneira estas máquinas podem contribuir ativamente no processo ensino - aprendizagem? *Como introduzir o ensino de Física diante desta realidade?* [16-23]

Em primeiro lugar, as potencialidades do uso de computadores no ensino de Física são grandes, entre elas podemos citar: coleta e análise de dados em tempo real, simulação de fenômenos físicos, instrução assistida por computador e outros.

Em um trabalho publicado pelo prof. Paulo Ricardo da Silva<sup>24</sup> da UFMS em junho de 1995 na Revista Brasileira de Ensino de Física (Pg. 182 - 195), encontramos uma análise de 182 artigos publicados em revistas nacionais e internacionais no período compreendido entre 1979 e 1992, que permite dar uma visão geral da utilização dos computadores na área de Ensino.

Nesta análise, o autor apresenta oito categorias de classificação dos trabalhos estudados:

1. Computador usado como ferramenta de laboratório para controle em tempo real de experimentos.
2. Computador usado como administrador de testes de avaliação, tanto na fase de elaboração (banco de questões) como na fase de aplicação e correção (avaliação propriamente dita).
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 usado na instrução individual.
8. Outras.

A tabela 1 mostra a distribuição dos artigos estudados por grupo nos anos de 80 a 92. Nesta tabela, o número de entradas é superior ao número de artigos estudados pois, alguns artigos, não podem ser enquadrados em uma única categoria.

**TABELA 1**

GRUPO ANO	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
<b>TOTAL</b>	<b>14</b>	<b>20</b>	<b>14</b>	<b>29</b>	<b>23</b>	<b>19</b>	<b>3</b>	<b>21</b>	<b>13</b>	<b>24</b>	<b>12</b>	<b>16</b>	<b>208</b>

Neste artigo, mostraremos as potencialidades de um laboratório didático assistido por computador, resultante do trabalho de pesquisa e desenvolvimento de um Banco de Pesquisa em Mecânica Avançada, fazendo parte do grupo 1 da tabela acima. Dos artigos consultados que compõem este grupo, encontra-se apenas um único artigo com autores brasileiros publicado na Revista de Ensino de Física 13 , 1991, cujos autores são: Gonçalves, W.M., Heinrich, A.F. & Sartorelli, J.C.- "Aquisição de dados com a porta de jogos de computadores Apple" [25].

Cabe-nos ainda destacar a lei de Diretrizes e Bases assinada em 20 de dezembro de 1996, no 185º aniversário da Independência e 105º da República temos, na sessão IV do Ensino Médio no Art. 36, 1o. parágrafo:

*“Os conteúdos, as metodologias e as formas de avaliação serão organizados de tal forma que ao final do ensino médio o educando demonstre:*

*I domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna;*

*II conhecimento das formas contemporâneas de lin-*

guagem;

*III domínio dos conhecimentos de Filosofia e de Sociologia necessários ao exercício da cidadania”.*

Estes aspectos mostram a relevância do trabalho que vem sendo desenvolvido pelo Grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP que procura atender as necessidades básicas para inserção de experimentação assistida por computador para fins didáticos. A divulgação deste trabalho tem sido realizada através de Congressos nacionais e internacionais [1-9], publicação de artigo [10] em revista especializada, a participação em oficinas e minicursos [11] e atualmente contamos também com uma Home Page [12].

O grupo de iniciação científica (bolsa CNPq) constituído pelos alunos Ariovaldo S. Cruz Caetano e Elias da Silva do curso de Física da PUC/SP tem desenvolvido recentemente atividades de pesquisa para fenômenos oscilatórios, atingindo resultados altamente satisfatórios [13].

Durante o desenvolvimento deste projeto pudemos ainda contar com a colaboração do aluno Emerson Silva da USP/SP, para a determinação de coeficientes de atrito dinâmico de diferentes materiais [9].

## II Descrição Geral do Equipamento Desenvolvido

Não é o nosso objetivo nos determos nas particularidades dos processos de medida que a utilização de um computador implica, envolvendo conhecimentos particulares de eletrônica ou de programação. Apenas estamos interessados nos fenômenos físicos utilizados na detecção de eventos, na natureza destes, assim como na interpretação física dos resultados obtidos. Mostraremos ainda as vantagens que o sistema desenvolvido oferece para a construção de conhecimento físico através de um processo vivencial.

No nosso sistema de aquisição de dados, são consideradas apenas as variáveis digitais obtidas através de fotogates acoplados a uma interface com duas entradas digitais e três analógicas, cujo software que a acompanha permite o imediato tratamento dos resultados.

O equipamento é constituído basicamente de um plano que pode assumir diferentes inclinações e permite de um modo versátil estudar princípios básicos de Cinemática e Dinâmica. Este plano é parte integrante de um Banco de Pesquisa Física utilizado em várias Instituições de Ensino da rede pública e privada no Brasil, há pelo menos dez anos e, atualmente é produzido em

material plástico de baixo custo pela Laboriência Tecnologia Educacional.

A figura 1 abaixo [10] mostra o Banco de Pesquisa Física produzido pela Laboriência, podendo ser visto o plano que é utilizado, bem como as peças que foram construídas para adaptá-lo aos sensores óticos.

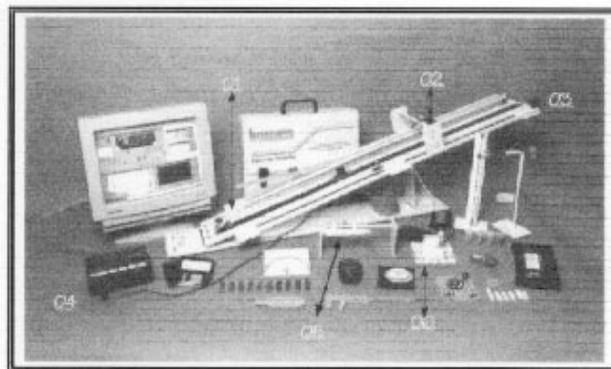


Figura 1. Canaleta cuja inclinação pode ser variada. 2.. Encaixe para os photogates 3.. Peça especialmente construída para permitir a medida de comprimento útil de esferas [10]. 4... Interface 500 da Pasco Scientific para aquisição de dados [14-15].

## III Modos de Operação do sensor

O circuito do fotosensor utilizado inclui um Led com um foto transistor, um CI 555 agindo como Schmitt Trigger e um transistor. Este circuito fornece impulsos com transições menores que  $100 \mu\text{s}$  e corrente suficiente para acionar os computadores. O estado alto de tensão corresponde a 5.0 Volts.

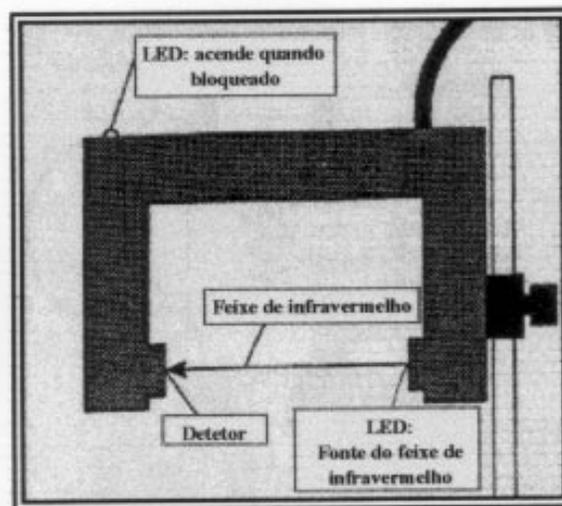


Figura 2.

A fig. 2 mostra um detetor de radiação infravermelha disposto diante de um feixe de radiação. Com a passagem de um objeto que intercepte esta região um sinal digital é enviado à interface cujo objetivo é fornecer a medida de tempo deste sinal.

Existem diferentes modos de operação deste sensor que pode ser estabelecido pelo software que o acompanha dependendo apenas da medida que se pretende realizar. A Fig. 3 abaixo mostra estes diferentes modos:

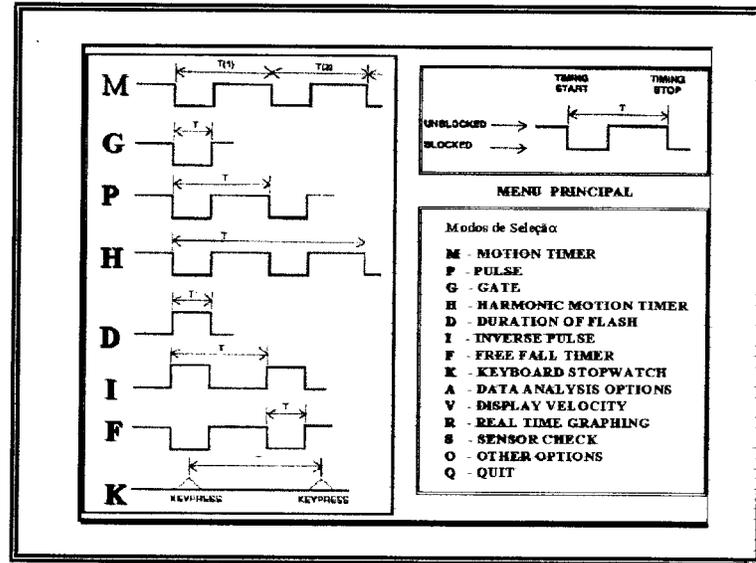


Figura 3.

- A condição *motion timer* permite reproduzir graficamente o movimento do objeto sob investigação, basta para isto que se utilize um “bloqueador” com espaços equidistantes e previamente conhecido, como por exemplo uma barra com tiras opacas de mesma espessura dispostas de uma maneira absolutamente uniforme. Os intervalos de tempo durante os quais o sensor fica bloqueado são registrados e o software permite obter os gráficos  $S = f(t)$ ,  $v = f(t)$  e  $a = f(t)$  (posição em função do tempo, velocidade em função do tempo e aceleração em função do tempo).
- Podemos utilizar um tipo específico de sensor ótico chamado Smart Pulley que apresenta entre o emissor infravermelho e o sensor, uma polia de baixa inércia que permite reproduzir adequadamente o movimento do objeto conectado a ele.
- Na condição *gate*, podemos obter a velocidade de passagem de um objeto que intercepta a região entre o sensor e o emissor; basta para isto que se conheça com precisão as dimensões do objeto que possibilitou o bloqueio.
- Outra condição bastante utilizada é a *harmonic*

*motion timer*, onde pode-se obter o período de movimentos harmônicos.

- Pode-se ainda utilizar dois photogates ligados simultaneamente à interface de modo a obter o intervalo de tempo entre dois bloqueios sucessivos.

*A definição do modo de operação do sensor depende do método adotado no estudo do fenômeno físico.*

## IV Metodologia Adotada

A partir de situações concretas, oferecidas pelo instrumental que nos permite uma análise do experimento em tempo real procede-se ao lançamento de um problema vinculado ao conteúdo que se deseja desenvolver. O experimento é então realizado (em três dimensões espaciais e uma temporal), representado esquematicamente no plano (duas vezes dimensões espaciais), medindo-se a magnitude das grandezas envolvidas. Estas medidas permitem uma abordagem não só, qualitativa mas principalmente, quantitativa do fenômeno.

O conteúdo em si vai sendo construído no decorrer do processo, de modo a ganhar expressão fatural sis-

tematizada e também matematizada. O modelo matemático obtido é colocado em teste: sua consistência é verificada pela precisão com que permite prever situações físicas e específicas, vinculadas ao conjunto de fenômenos estudados. Discute-se, ainda, os limites de validade do modelo estabelecido, dentro de uma visão e perspectiva críticas.

Os desafios conceituais e técnicos, inerentes ao processo, suscitam uma leitura histórica. Os desafios que abraçaram as soluções, às vezes encontradas, reforçam o aspecto humano da ciência - uma atividade realizada por gente - um desafio permanente, uma obra inacabada.

A proximidade entre a linguagem formal - científica e a vivência pessoal, torna-se viável a partir de características próprias do instrumental. Os dispositivos físicos, aliados à metodologia desenvolvida são capazes de lançar ponte segura entre o conteúdo formal e o cotidiano repleto de recursos tecnológicos cada vez mais poderosos. Através dos recursos oferecidos pelo equipamento podemos analisar fenômenos reais e a partir desta observação elaborarmos modelos simplificados desta realidade.

Os desafios são lançados à cada nova medida física. Novas questões são *introduzidas pelo estudante* e novas investigações são *orientadas pelo professor*, no sentido de buscar a solução para os problemas propostos, consolidando um entendimento adequado do fenômeno estudado.

Podemos, diante das vantagens oferecidas por um sistema de coleta e análise em tempo real, mudar a visão com a qual entramos em uma laboratório de Física e destruir definitivamente este tabu de que; *“Professor, a experiência não deu certo”*.

## V Um exemplo de aplicação do sistema

Lançamos o seguinte desafio para os alunos do primeiro ano do curso de Licenciatura em Matemática da PUC/SP:

*Utilizando o equipamento desenvolvido (Fig.1) ; Banco de Pesquisa em Mecânica Avançada, elabore um experimento onde se possa determinar, o valor do coeficiente de atrito dinâmico entre as superfícies de corpos em contato com o plano horizontal.*

*O método adotado deverá conduzir a uma seqüência de medidas onde o valor deste coeficiente seja obtido com o seu respectivo desvio padrão.*

O resultado deste trabalho mostrou como um sistema informatizado de medidas físicas pode estimular a criatividade dos alunos, fornecendo um ambiente favorável ao desenvolvimento de atividades em equipe.

Veja as diferentes soluções apresentadas:

Todos os alunos situaram o problema esquematizando-o adequadamente, estabelecendo as equações do sistema, conforme fig.4 abaixo:

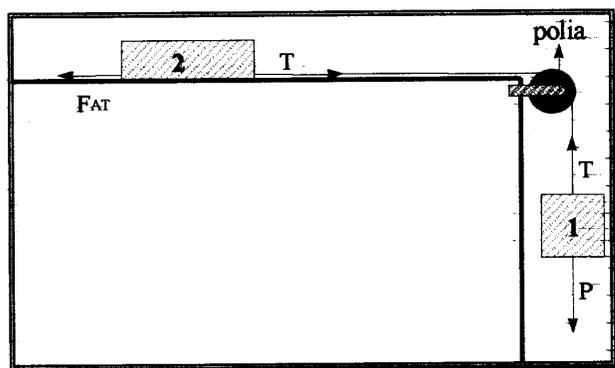


Figura 4.

Da resultante das forças que agem em cada corpo temos:

$$P - T = m_1 a$$

$$T - F_{at} = m_2 a$$

Como  $F_{at} = \mu N_2$  (força de atrito), onde  $N_2 = m_2 g$  e  $\mu$  corresponde ao valor do coeficiente de atrito dinâmico entre as superfícies de contato.

Teremos:

$$P - \mu m_2 g = (m_1 + m_2) a$$

$$\mu = \frac{m_1 g - (m_1 + m_2) a}{m_2 g} \quad (1)$$

Para que o coeficiente de atrito dinâmico possa ser determinado se faz necessário a determinação da aceleração do sistema (já que as demais variáveis podem ser perfeitamente determinadas).

As idéias começaram a divergir com relação ao método que deveria ser adotado para a determinação da aceleração do sistema.

Veja algumas destas soluções:

**Solução 1:** Dispor uma placa transparente sobre o corpo 2 com fitas opacas de igual espessura equidistantes que intercepta o sensor na passagem.

Neste caso obtém-se diretamente os gráficos de posição x tempo, velocidade x tempo e aceleração x tempo (modo de operação a)

**Solução 2:** Utilizar dois photogates separados por uma distância conhecida ( $D$ ), estando o primeiro sensor posicionado na partida do corpo 2 de modo a garantir uma velocidade inicial igual à zero. Colocando sobre o corpo 2 um bloqueador pode-se medir o intervalo de tempo necessário para percorrer a distância  $D$ . Através da equação horária do Movimento retilíneo uniformemente variado, obtém-se o valor da aceleração do sistema ( modo de operação e).

**Solução 3:** Utilizar dois photogates separados por uma distância ( $D$ ) previamente fixada, estabelecendo como modo de operação para cada um destes sensores o modo gate, o que permite obter o valor de velocidade em cada "ponto" da trajetória do corpo 2. Conhecendo-se as dimensões do bloqueador fixado sobre o corpo2 pode-se determinar o valor de sua velocidade. Com estes resultados lançamos mão da equação de Torricelli e o valor da aceleração pode ser determinada (modo de operação e).

**Solução 4:** Procedimento exatamente igual ao indicado na solução 2, no entanto, adotando como referência o corpo 1, que exerce a força tensora ( modo de operação e).

**Solução 5:** Utilizar o sensor Smart Pulley na extremidade do trilho com a polia acoplada, e deste modo obtém-se diretamente os gráficos de posição x tempo, velocidade x tempo e aceleração x tempo ( modo de operação b).

*O que fazer diante de tantas soluções, já que todas são viáveis e possibilitam a determinação da aceleração do sistema?*

A resposta é em primeiro lugar **iniciar um trabalho de análise** de cada método, seus limites e precisão. Esta discussão é extremamente produtiva e o professor passa a ser o mediador deste debate. O sistema permite que a aquisição de dados ocorra num tempo relativamente pequeno (tempo de percurso do corpo 2, no nosso caso alguns segundos), possibilitando inclusive, que todas as soluções propostas possam ser executadas. O professor passa a adotar uma postura de orientador e os fenômenos físicos são estudados com novos olhos dentro de "uma visão real."

*A partir das soluções apresentadas pelos alunos iniciamos um debate, obtendo-se os seguintes resultados:*

**Solução 1:**

- A construção da placa implica precisão na disposição entre as faixas opacas, que devem estar criteriosamente equidistantes. Este fator já é responsável por uma grande parcela de erros e depende da eficácia do experimentador.
- a análise para a aceleração se restringe aos poucos pontos fornecidos pela placa e em uma pequena região do trilho.

**Solução 2:**

- A distância entre os sensores é fixada pelo experimentador.
- A medida obtida fica sujeita a erros de paralaxe e erros sistemáticos da régua utilizada.

**Solução 3 e 4**

- Além dos erros estabelecidos na solução 2 ainda temos a contribuição no erro introduzido para a determinação da largura do bloqueador utilizado ( $L$ ). A velocidade é obtida pela relação  $L/t$  onde  $t$  corresponde ao tempo medido na passagem do corpo 2 em cada posição do trilho previamente fixada.

**Solução 5**

Pareceu-nos a mais viável por algumas razões:

- A interferência do observador é a menor possível. A polia é construída pela Pasco Scientific e o valor correspondente ao deslocamento linear é fornecido pelo fabricante, com uma precisão menor que 0.1%.
- Tem-se uma reprodução do movimento do corpo 2 em toda a extensão do trilho, fornecendo um maior número de pontos para a análise.

*Os resultados obtidos através desta proposta nos conduz certamente a uma reprodução mais próxima da realidade, ou ainda, do real valor para o coeficiente de atrito dinâmico.*

O gráfico abaixo mostra os resultados obtidos:

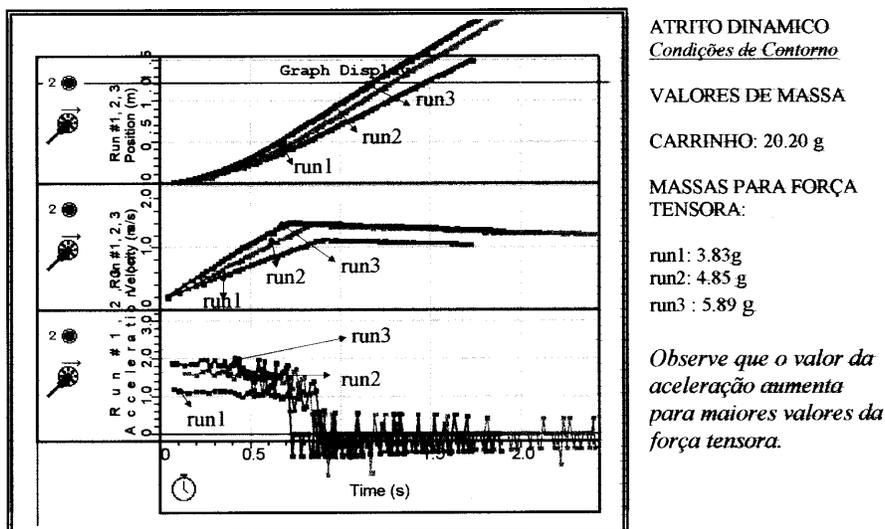


Figura 5.

### Uma Observação Curiosa

Ao analisar o gráfico da aceleração em maiores detalhes os alunos observaram uma maior oscilação para a aceleração sempre na mesma região do trilho. Quando analisamos a posição onde estas oscilações estavam presentes ( em torno de 60 cm a partir da origem ) pudemos constatar que havia deformações na pista; excesso de cola e ranhuras. Este fato não foi premeditado pelo professor mas, uma constatação que se fez presente, através de um amplo processo de análise.

Isto nos traz novas possibilidades: *o sistema permite que se possa fixar determinadas situações para estimular um processo de análise mais detalhada de problemas físicos reais.*

## VI Conclusões e Observações Finais

Quando trabalhamos com um laboratório assistido por computador mudamos o enfoque através do qual tratamos um determinado fenômeno físico.

No exemplo considerado, o desafio lançado foi a

determinação do coeficiente de atrito dinâmico entre duas superfícies. Para a resolução do problema proposto os alunos do curso de licenciatura em Matemática não buscaram o “melhor” resultado para o coeficiente de atrito dinâmico. Na verdade, a questão de fundo é: que método reproduz a realidade física apresentada, mesmo que esta realidade conduza a um maior desvio do valor obtido experimentalmente, em relação ao valor previsto através de modelos matemáticos previamente estabelecidos. *O estudante passa a questionar os limites de utilização dos modelos estabelecidos.*

Com um sistema de aquisição de dados em tempo real podemos analisar de uma maneira mais detalhada todos os fatores que nos conduz a um determinado desvio padrão, uma vez que o experimento pode ser executado de formas distintas e em diferentes condições de contorno devido à rapidez com a qual os dados são coletados e analisados.

*Esta conduta a nosso ver contribui de forma significativa para uma melhor formação do indivíduo para o exercício de sua cidadania, visto que para a solução dos problemas ele deve pensar de forma crítica, consciente e criativa.*

## Referências

1. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Estudo do lançamento horizontal utilizando métodos computacionais para a aquisição de dados*". Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitária - 20 a 24/01/1997- Havana-Cuba - sessão de painéis.
2. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Banco de Pesquisa Física Avançada: uma nova proposta para o ensino experimental de Mecânica Básica*". Taller Iberoamericano de Enseñanza de la Física Universitária - 20 a 24/01/1997 - Havana -Cuba - sessão de painéis.
3. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C. "*Banco de Pesquisa Física Avançada: uma nova proposta para o ensino experimental de Mecânica Básica*". VI Conferencia Internacional sobre Educação en la Física - 29/06 à 04/07 de 1997 - Córdoba - Argentina - sessão de painéis.
4. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Estudo do lançamento horizontal utilizando métodos computacionais para a aquisição de dados*". VI Conferencia Internacional sobre Educação en la Física - 29/06 à 04/07 de 1997 - Córdoba - Argentina - sessão de painéis.
5. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C, SILVA, E. A: "*Determinação do coeficiente de atrito dinâmico utilizando Técnicas Computacionais para a aquisição de dados*". XII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Belo Horizonte - MG- 27 a 31/01/1997 - sessão de painéis.
6. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Experimentação Assistida por Computador (EAC): uma nova proposta para o ensino de Física*". XII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Belo Horizonte - MG- 27 a 31/01/1997 - sessão de painéis.
7. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Estudo do lançamento horizontal utilizando técnicas Computacionais*". XII Simpósio Nacional de Ensino de Física - Belo Horizonte - MG - 27 a 31/01/1997 - sessão de painéis.
8. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C.: "*Experimentação Assistida por Computador: um Banco de Pesquisa em Mecânica*". Segundo Congresso Estadual e Feira de Informática na Educação (2.o COINFE)- sessão de comunicação oral - Rio de Janeiro - RJ - UERJ - 19 a 22/11/1997.
9. CAVALCANTE, M. A; TAVOLARO C.R.C; SILVA E.: "*Experimentação Assistida por Computador: Uma nova Opção para o Ensino de Física* - Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas - Rio de Janeiro Escola de Verão 98 - Sessão de painéis de 12 à 30/01/1998.
10. CAVALCANTE M.A.; TAVOLARO C. R. C. *Estudo do lançamento horizontal utilizando técnicas computacionais para a aquisição de dados* - Caderno Catarinense de Ensino de Física vol. 14 no.03 pg. 246 - 1997
11. Multimídia e Tecnologias Avançadas Aplicadas ao Ensino de Física - minicurso oferecido na IX Semana de Física realizada pelo Departamento de Física do Instituto de Ciências Exatas da Universidade Federal de Juiz de Fora no período de 06 a 10/10/1997. (Profa. Dra. Marisa Almeida Cavalcante e Prof. Cassiano Z. de Carvalho Neto).
12. <http://mesonpi.cat.cbpf.br/verao98/marisa>. Home Page que mostra um resumo dos trabalhos que vem sendo executados pelo grupo de Pesquisa em Ensino de Física da PUC/SP.
13. CAVALCANTE, M A; TAVOLARO C.R.C; SILVA E.; CAETANO, A S. C. "*Estudo de movimentos periódicos utilizando técnicas computacionais para a aquisição de dados*". A ser apresentado no VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física - de 26 a 30/10/98 em Florianópolis - SC - Brasil.
14. <http://www.pasco.com/html-bin/computer/SW500.htm> - Informações sobre a interface 500 da Pasco Scientific.
15. <http://www.pasco.com/software/> - Neste Site você pode fazer um download do software que acompanha a interface - Science Workshop.
16. TRINDADE, J A.A; FIOLHAIS C. *A realidade Virtual no Ensino e na Aprendizagem da Física e da Química*. [http://www.fis.uc.pt/Read\\_c/RV/Ensino/artigo.htm](http://www.fis.uc.pt/Read_c/RV/Ensino/artigo.htm).
17. FAGUNDES, D. SARTORI, J. CATUNDA T. NUNES L. A. *Usando a Porta Paralela do micro PC*. Revista Brasileira de Ensino de Física - 1995, vol.17 no. 2, pp. 196-201.
18. MACLEOD, A. M. *Microcomputer Interfacing for physics experiments*. Physical Education. vol.29 - 1994, pp. 46 -50.
19. <http://www.ifqsc.sc.usp.br/ifsc/cdcc/cdcc.htm> - Centro de divulgação Científica e Cultural - São Carlos SP - Programa Educar - Programa de educação a distancia usando a Internet.
20. <http://cyberland.recife.softex.br/sca/index.html>: Educandus Tecnologia Educacional, empresa que produz softwares na área de Física e Matemática;
21. [http://www.fis.uc.pt/Read\\_c/experiencias.htm](http://www.fis.uc.pt/Read_c/experiencias.htm): Departamento de Física da Universidade de Coimbra, sessão READ Ciências, Atividades Experimentais.
22. <http://www.jsc.nasa.gov/cssb/vr/ScienceSpace/>: Science Space Project; A importância da tecnologia

da Realidade Virtual para o Ensino de Ciências.

23. [http://www.fis.uc.pt/Read\\_c/revistas.htm](http://www.fis.uc.pt/Read_c/revistas.htm): Revistas de Ciências e de Divulgação Científica.
24. SILVA, P. R. "O uso de Computadores no Ensino de Física. Parte I: Potencialidades e Uso Real". Revista Brasileira de Ensino de Física, vol.17 no. 2 (Pg. 182 - 195) em junho de 1995.
25. GONÇALVES, W.M., HEINRICH, A .F. & SARTORELLI, J.C.- "Aquisição de dados com a porta de jogos de computadores Aplle". Revista de Ensino de Física **13**, 1991.