



Anais do XXXIV COBENGE. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, Setembro de 2006.  
ISBN 85-7515-371-4

## ESTUDO DO MOVIMENTO ACELERADO EM TEMPO REAL ATRAVÉS DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO DE DADOS ASSISTIDO POR COMPUTADOR

**Edson Pedro Ferlin** – [ferlin@unicenp.edu.br](mailto:ferlin@unicenp.edu.br)

Engenharia da Computação – UnicenP

Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300 – Campo Comprido

81.280-330 - Curitiba – PR

**Nestor Saavedra** - [saavedra@unicenp.edu.br](mailto:saavedra@unicenp.edu.br)

**Luís Fernando Cordeiro** - [cordeiro@positivo.com.br](mailto:cordeiro@positivo.com.br)

**José Carlos da Cunha** – [cunha@unicenp.edu.br](mailto:cunha@unicenp.edu.br)

**Maurício Perretto** - [mperretto@unicenp.edu.br](mailto:mperretto@unicenp.edu.br)

**Maurício Cúnico** - [cunico@unicenp.edu.br](mailto:cunico@unicenp.edu.br)

***Resumo:** A aprendizagem do movimento acelerado ainda hoje é objeto de estudos e experimentos. Os estudantes sentem dificuldades em discernir os diferentes comportamentos assumidos pela aceleração de um corpo e suas implicações no desenvolvimento dos movimentos, muitas vezes recorrendo à memorização pura e simples ao invés do real aprendizado. Com o advento das novas tecnologias em ensino de ciências, os professores ganharam métodos de auxílio ao processo de ensino-aprendizagem. Simulações e experimentos assistidos por computadores têm obtido destaque, por representarem uma interface de aprendizagem em sintonia com a linguagem que faz parte da realidade de grande parte dos estudantes atualmente. Este trabalho relata a elaboração de um sistema de aquisição de dados para o estudo das grandezas físicas relacionadas ao movimento acelerado. A evolução das grandezas é acompanhada em tempo real em uma interface na tela do computador. Através dela o aluno pode prever, observar e comparar os dados obtidos no experimento, o que faz por aumentar a aprendizagem dos estudantes.*

***Palavras-chave:** Aceleração, Experimentos assistidos por computador, Interface computacional.*

### 1. INTRODUÇÃO

Este artigo está embasado nos esforços feitos nas disciplinas de Física Básica nos cursos de Engenharia (Civil, Computação, Elétrica e Mecânica) do UnicenP para melhorar a aprendizagem dos alunos. Tradicionalmente, é no primeiro semestre de tais cursos onde os estudantes encontram maiores dificuldades. Podemos citar a falta de embasamento físico e

matemático, bem com a pouca capacidade de abstração como alguns dos fatores preponderantes para estes problemas (ALMEIDA *et al*, 2001).

Tal comportamento pode ser observado logo no início da disciplina de Física 1, quando o estudante é confrontado com os conceitos de taxas de variações, limites e da derivada de uma função como uma taxa de variação. Inicialmente pode-se pensar que se sofre aqui por conta dos conceitos e ferramental matemáticos inéditos, mas podemos observar que o próprio conceito de taxa de variação em Física não tem sido bem assimilado até então. Quando se trata de uma taxa de variação mais simples, como a velocidade, facilmente relacionada com a variação da posição em determinado intervalo de tempo, os percalços são menores. Quando tal conceito é mais sutil, como a variação da própria velocidade em um determinado intervalo de tempo, a aceleração, depara-se com a enorme dificuldade dos estudantes em realmente entender a definição e aplicação de tal grandeza física.

## 1.1 Conceituação de Aceleração

Observando os programas de Física desenvolvidos pela maioria dos livros didáticos da primeira série do ensino médio e superior, constata-se que a maioria deles começa por Cinemática. A seqüência empregada é quase sempre esta: referencial, ponto material, repouso, movimento, trajetória, posição, deslocamento, velocidade, velocidade média, movimento uniforme. A seguir vem aceleração. Todos esses conceitos possuem ligações com o cotidiano do aluno e, de alguma forma, fazem uma descrição de sua realidade (CORDEIRO, 2003). Por isso, é possível que o aluno tenha uma quantidade razoável de informações adquiridas em suas experiências de vida para nelas ancorar esses conhecimentos da Cinemática e, assim, assimilá-los no formato científico. Porém, entre estes, aceleração é o que exige uma maior abstração.

Na linguagem científica, o conceito de aceleração engloba situações que o cotidiano nem sempre contempla. Para a Física, aceleração está vinculada às variações na velocidade durante um certo intervalo de tempo. Tomando como exemplo o movimento em uma dimensão, essas variações podem ser tanto de uma velocidade escalar menor para uma maior quanto de uma maior para outra menor. No segundo caso, quando a velocidade diminui, pode-se usar também o termo retardamento como um sinônimo de aceleração. Porém, no cotidiano, aceleração e retardamento são considerados antônimos. Essas diferentes concepções podem dificultar a apreensão desse conceito, bem como a vinculação da aceleração com a grandeza tempo, fator fundamental na definição científica. A aceleração não é um agente que promove variação de velocidade. Os corpos não “possuem” aceleração, tampouco a “recebem” – num sentido material. Ela é simplesmente um número que informa qual é a variação da velocidade numa unidade de tempo.

## 1.2 Dificuldades Encontradas

Através de discussões e exercícios em sala de aula, bem como aplicações de testes (como o *Force Concepts Inventory*) e questões discursivas puramente teóricas, pudemos identificar estar presente nos alunos uma série de “conceitos espontâneos” (VILLANI *et al*, 1982; CORDEIRO, 2003), que estão arraigados na conceituação elaborada pelos estudantes, atrapalhando o processo de aprendizagem dos mesmos, quando não corretamente trabalhadas pelos estudantes (MOREIRA, 2003). Dentre as principais, podemos destacar:

- **Relação Aristotélica entre força e movimento:** Um movimento só pode ser mantido pela presença de forças. Denota falta de conhecimento da Primeira Lei de Newton.
- **Dificuldade de compreender que aceleração nula não significa necessariamente significa repouso:** está no cerne da não compreensão do conceito de aceleração.

- **Se a aceleração é constante, então a velocidade também o é:** dificuldade de reconhecer a aceleração como uma taxa de variação.
- **Em um plano inclinado, se a velocidade está aumentando, a aceleração também aumenta:** Dificuldade em enxergar que uma taxa de variação constante implica em aumento linear da grandeza a qual ela está relacionada.
- **Confusão na interpretação dos gráficos do movimento:** Também relatado na literatura (ARAÚJO *et al*, 2004), é comum a confusão, por exemplo, em enxergar o gráfico da posição pelo tempo como sendo a trajetória propriamente dita do corpo em estudo.

Com base nestes relatos, começou-se a desenvolver um esforço coordenado para atacar estes problemas de aprendizagem, que começamos a relatar a seguir.

### 1.3 Novas Tecnologias em Ensino de Ciências

Com o desenvolvimento e a popularização da ciência da computação, houve grande euforia há cerca de 20 anos, quando era prevista a aplicação em massa de computadores em laboratórios e em salas de aula (MEDEIROS, 2002). Esta é uma reação natural quando alguma inovação tecnológica é passível de ser aplicada no ensino de ciências. Se por um lado havia a previsão de que na virada do século onde agora nos encontramos quase que a totalidade das escolas teria as aulas baseadas em computadores, por outro lado há aqueles que resistem frontalmente à aplicação de computadores no ensino de Física, argumentando que o seu uso privaria o estudante do contato com a realidade física, bem como o abstraindo muito do processo de observação e medição dos experimentos. Hoje em dia o consenso aponta por um equilíbrio entre estas duas posições antagônicas (KELLY, 1996).

Com o advento da aplicação de Novas Tecnologias no ensino de ciências, em particular na Física, acredita-se que fazendo uso da ferramenta computacional como mais um meio de mediar a transmissão de conhecimento, e não como um fim em si, o aprendizado dos estudantes pode ser incrementado de maneira sensível. Ou seja, novas tecnologias, como a aplicação de computadores no ensino de Física, podem de fato melhorar a assimilação do conhecimento por parte dos alunos, desde que esta aplicação faça parte de um processo educacional maior e coerente em suas propostas (BRANSFORD *et al*, 2000; FIOLEAIS e TRINDADE, 2003).

Este projeto visa juntar experimentos reais e virtuais. Uma das grandes vantagens de aplicação dos computadores no ensino de Física é que muito freqüentemente os assuntos estudados têm uma natureza dinâmica, onde a evolução temporal das grandezas físicas vistas pelos estudantes em animações ou simulações podem melhorar o aprendizado dos mesmos. Assim, ao lado de um experimento real, um trilho com colchão de ar para o estudo de movimentos acelerados, acoplamos um sistema de aquisição de dados que permite a um programa desenvolvido e instalado em um computador mostrar, de maneira interativa, o comportamento de grandezas que tem sua observação direta no experimento feita de maneira muito sutil. A observação simultânea do experimento real e de sua interpretação em um computador pode melhorar a absorção dos conceitos fundamentais do assunto lecionado aos alunos (KELLY, 1996).

### 1.4 Programa Proposto

Identificadas as principais dificuldades dos alunos, passamos a utilizar mais intensamente em sala de aula e como atividades propostas o programa MODELLUS (disponível em <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>) da maneira proposta por ARAUJO *et al* (2004). Embora o uso de simulações computacionais nos cursos de Física Básica para engenharias do

UnicenP já seja, na medida do possível, padrão, gostaríamos de discutir alguns pontos em que, ao nosso entender, o experimento real em laboratório é insubstituível.

Primeiramente, as simulações computacionais representam apenas a realidade descrita ao computador, via programa de simulação. No caso do Modellus, toda a realidade “física” com que o aluno terá contato resume-se ao que é inserido na janela “Modelo” de tal programa. Em uma etapa inicial do aprendizado, é uma simplificação bastante útil, já que concentra o aluno nas questões e conceitos fundamentais do seu aprendizado, ou seja, no caso proposto, concentra-o principalmente no próprio conceito de aceleração, deixando questões paralelas, como “a resistência do ar altera o resultado? Como?” de lado, por enquanto.

Partindo disto, o contato com o experimento propriamente dito, já com conceitos pré-consolidados, faz-se indispensável. O estudante passa a inserir os conceitos adquiridos em um mundo real, levando em consideração todas as dificuldades e relevâncias nos processos de medição, que no fundo, descrevem integralmente os processos físicos em estudo.

## **2. O EXPERIMENTO**

### **2.1 Experimentos Assistidos por Computador**

A utilização de experimentos assistidos por computador em laboratórios didáticos de Física tem se tornado uma tendência irreversível, em que pese à questão de custos para instituições de ensino com menos recursos. Um apanhado definitivo sobre o tema foi exposto no SNEF de 2003 por VEIT (2003). Em resumo, podemos destacar os seguintes pontos:

- Ao ajudarem na coleta de dados, computadores aumentam o número de dados disponíveis a serem tratados, dando uma visão mais completa do comportamento físico do experimento;
- Com isto, sobra mais tempo para o aluno concentrar-se na evolução do dos aspectos físicos relevantes do sistema em estudo;
- Uma classe maior de experimentos pode ser investigada, já que há maior suporte à aquisição de dados;
- O processo de medida permite maior interação do estudante com tecnologias como sensores ópticos, transdutores eletromagnéticos, calibragem de equipamentos, ou seja, contribuem para desmistificar o processo de medição propriamente dito.

Cuidado maior deve ser tomado na eliminação pura e simples do tratamento manual de dados, em nossa opinião, um passo arriscado e condenável. Assim como não deve ser incentivada a utilização de calculadoras eletrônicas por alunos do ensino fundamental, a perda do contato com o tratamento de dados, as dificuldades inerentes ao processo de medição, etc; pode levar ao aluno a uma alienação de alguns aspectos físicos importantes no experimento, justamente o que se quer evitar com experimentos assistidos por computador!

### **2.2 Descrição do Experimento do Trilho de Ar**

Embora a utilização de sistemas de aquisição de dados em trilhos de ar não seja novidade (LAUDERES et al, 2004), o experimento aqui proposto tem algumas inovações, seja na parte técnica, como na parte de sua utilização em laboratório pelos alunos.

## ***Experimentos Convencionais***

Os estudos dos fenômenos de deslocamento lineares são realizados sobre um trilho de ar, visto na Figura 1. O intuito deste é tornar o atrito desprezível permitindo uma melhor análise dos movimentos e suas respectivas grandezas físicas.

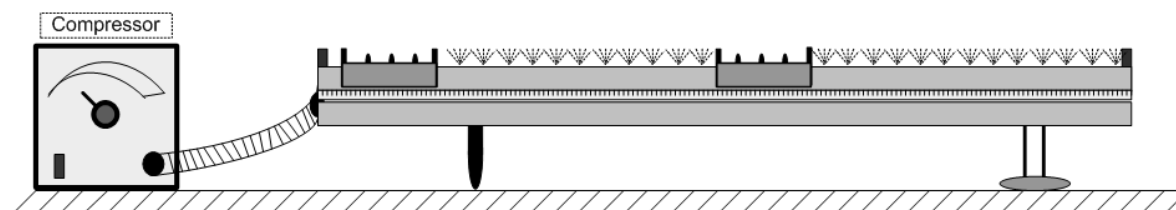


Figura 1 - Experimento com um trilho de ar.

O intuito do equipamento desenvolvido é analisar todo o deslocamento realizado por carrinhos sobre o trilho. Desta forma, poder-se-á explicitar de uma forma mais clara os conceitos das grandezas físicas do movimento (deslocamento, velocidade, aceleração) e, se for o caso, da conservação da energia mecânica.

Os experimentos atuais realizados no laboratório de física têm como elementos sensores fotossensores, apresentados na Figura 2, que apenas permitem o disparo de um cronômetro e sua posterior parada, estes fotossensores são posicionados em uma distância conhecida entre si, desta forma é possível a obtenção da velocidade de deslocamento dos carrinhos através das equações básicas do MRUV, por exemplo.

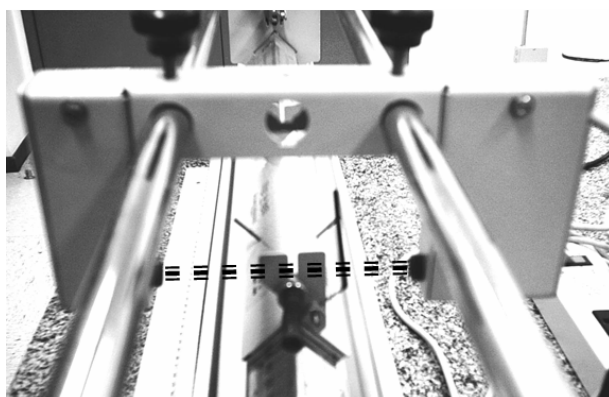


Figura 2 - Equipamento Convencional.

Apesar da ampla gama de aplicações realizáveis com estes sensores, as aquisições são feitas apenas em intervalos de tempo relativamente grandes, dificultando a visualização do aluno do experimento completo, como por exemplo, velocidades instantâneas ao invés de médias. Visto isso se optou por desenvolver uma ferramenta que permitisse a aquisição da posição do carrinho em toda a extensão do trilho, além do que a aquisição do posicionamento deveria ser realizada sem o acoplamento de nenhum circuito sobre o carrinho, o que poderia acarretar um sobrepeso que prejudicaria o desenvolvimento das experiências.

## ***Experimento Desenvolvido***

Para eliminar inconvenientes dos experimentos convencionais, decidiu-se por implementar um sistema de medição de distância através de foto-emissores e foto-receptores.

Com isto, evitou-se a interferência dos equipamentos propriamente ditos no processo de medição. Um aumento de peso dos carrinhos, bem como a alteração da posição do centro de massa dos mesmos, poderia trazer vibrações e deslocamentos laterais em relação ao trilho de ar que comprometeriam toda a medição do movimento. Assim, os fotossensores são posicionados nas extremidades do trilho sendo que um sinal de luz seria emitido, refletido pelo carrinho e reconhecido pelo foto-receptor.

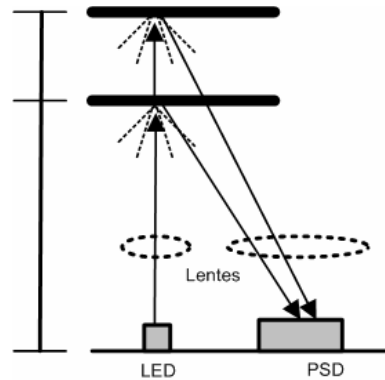


Figura 3 - Esquema de aquisições de sinais.

Através do ponto de recepção do foto-receptor é possível obter a distância do objeto refletido, na Figura 3 é apresentado um objeto sendo refletido a uma distância de 30 cm. O mesmo objeto é refletido a uma distância de 40 cm, onde é possível perceber que o ponto de retorno do sinal de onda no foto-receptor é diferente nos dois casos.

Este sistema conhecido como PSD (*Position Sensing Device*) é bastante conhecido no meio industrial e militar (FOX *et al*, 1999). Acoplado-se um sensor em cada ponta do trilho é possível a análise do movimento de cada carrinho em separado, como apresentado na Figura 4.

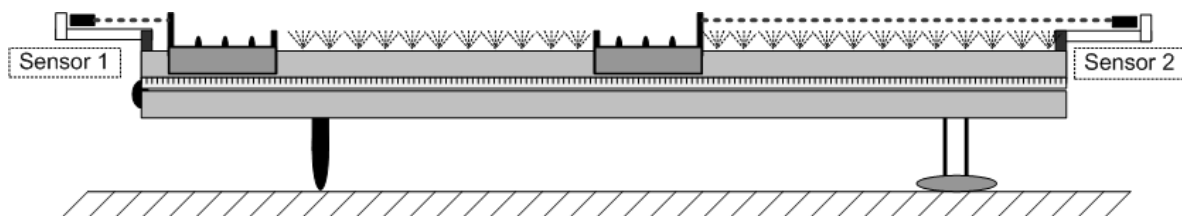


Figura 4 - Posicionamento dos sensores.

Normalmente os sensores do tipo PSD têm uma resposta exponencial e não linear como seria interessante. Existem duas formas mais utilizadas para tratamento do sinal nestas condições. A primeira consiste em armazenar uma tabela com valores de saída linear relativos aos valores exponenciais obtidos, este sistema foi avaliado, porém seus resultados foram ruins sendo obtida uma perda muito grande da precisão para uma estabilização nos valores de saída. O segundo método consiste tratar o sinal através de componentes eletrônicos obtendo uma saída linear para a escala exponencial do sensor, este sistema obteve melhores resultados sendo o utilizado.

Por último, o valor analógico é convertido para digital e analisado por um microcontrolador (PIC16F628), antes de ser repassado ao computador para o desenvolvimento da simulação. A utilização do microcontrolador se deve a diminuir o processamento do computador em estado de repouso dos carrinhos, isto é enquanto os

carrinhos estão parados não é repassado nenhum dado ao computador ficando este desnecessário do processamento de um ponto estático. O diagrama em blocos do circuito eletrônico desenvolvido é apresentado na Figura 5.

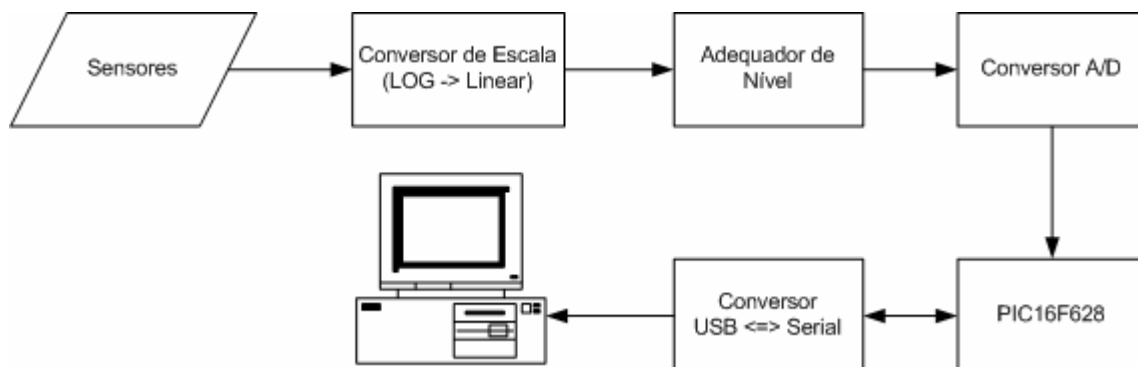


Figura 5 - Diagrama em blocos do circuito de aquisição de sinais.

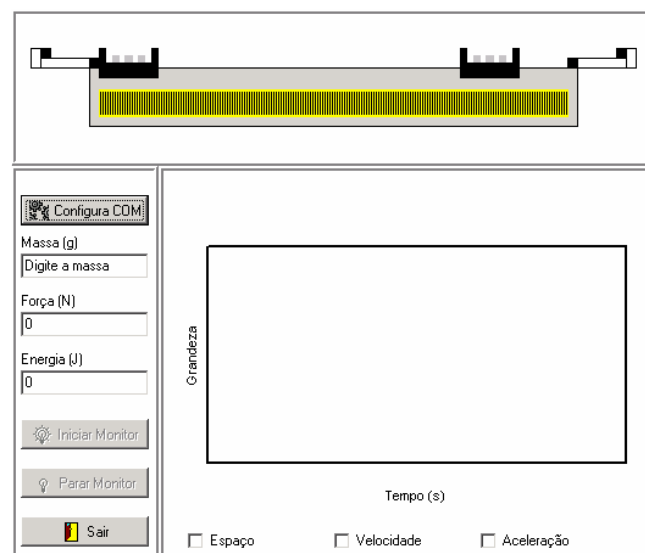


Figura 6 - Interface gráfica com o usuário.

O software apresenta uma interface bastante simples ao usuário, onde este deverá informar em qual porta de comunicação do computador está conectado o sistema eletrônico e se desejar informar a massa dos carrinhos que estarão em movimento sobre o trilho.

A partir do momento em que o software conectar ao microcontrolador, este envia a informação da distância do objeto refletido em cada uma das extremidades do trilho. O software recebendo esta informação simula na tela em tempo real o movimento dos carrinhos sobre o trilho, como pode ser visto na Figura 6.

Ainda como opções complementares, o usuário pode visualizar em tempo real a construção dos gráficos de deslocamento em relação ao tempo, velocidade e aceleração. E caso seja informada a massa dos carrinhos, o software automaticamente calculará a força resultante exercida sobre um dos carrinhos quando este estiver com uma aceleração diferente de zero, assim como a energia cinética associada ao movimento em estudo. Para um movimento simples de plano inclinado, alguns gráficos são mostrados na Figura 7.

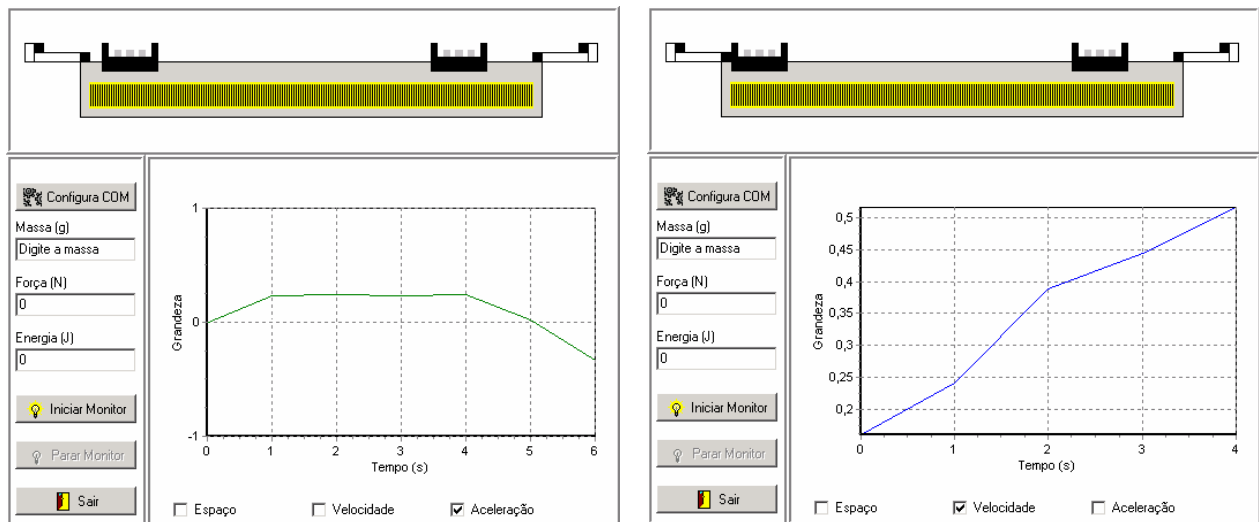


Figura 7 - Gráficos velocidade e aceleração do movimento.  
(Obs: tempo de observação: de 0s até 4s)

### 3. RESULTADOS DO EXPERIMENTO

Vamos agora relatar alguns pontos positivos em que o experimento desenvolvido pode colaborar no processo de ensino-aprendizagem dos alunos no estudo dos movimentos.

#### 3.1 Vantagens do Software Desenvolvido

Além da interface de fácil utilização, o software permite, em tempo real, a observação das grandezas físicas relevantes ao movimento. Todos os dados são armazenados e passíveis de um tratamento manual em seguida. As grandezas físicas derivadas, como velocidade e aceleração, são obtidas de suas definições gerais e não como fórmulas prontas como as do MRUV, por exemplo, necessárias em alguns programas de simulação computacional.

Outra característica importante é a observação, em tempo real, dos gráficos do movimento. Isto é de suma importância para a eliminação dos pontos relatados anteriormente, notadamente a da confusão feita por estudantes entre o gráfico do movimento e a trajetória propriamente dita.

O software permite que seja escolhido qual o intervalo de tempo que se deseja utilizar para o estudo das grandezas. Isto permite uma melhor compreensão das grandezas instantâneas, já que o experimento pode ser trabalhado com intervalos de tempo cada vez menores, com o conceito de intervalo de tempo infinitesimal (“tendendo a zero”) tendo a sua compreensão facilitada para os estudantes.

Em um movimento com o trilho de ar agindo como um plano inclinado, pode ser observada a transformação de energia potencial em energia cinética, com o aluno podendo verificar a conservação da energia mecânica na ausência de forças de atrito.

#### 3.2 Vantagens do Hardware do Experimento

O hardware desenvolvido é de baixa complexidade e custo, facilitando a sua adoção por Instituições de Ensino com menos recursos. Seu desenvolvimento pode ser objeto de um projeto de iniciação científica dos estudantes, como o foi no curso de Engenharia da



Computação do UnicenP. Isto permite uma maior interação dos estudantes com o funcionamento e características de sensores ópticos, transdutores, e receptores.

Os sensores PSD não são instalados nos carrinhos e sim no trilho, o que permite que as características originais do experimento sejam respeitadas. Em outras palavras, temos um sistema de aquisição de dados que decididamente não interfere na condução ou nos resultados do experimento.

O aparato pode ser facilmente adaptável a outros experimentos, como colisões elásticas ou inelásticas, teorema do impulso e quantidade de movimento, conservação da energia mecânica, etc. Todos estes experimentos podem ser acompanhados em tempo real no software desenvolvido pelo próprio grupo de pesquisa, permitindo que tal observação, trabalhadas adequadamente pelo professor, colabore de forma decisiva no aprendizado dos estudantes, sendo um dos elementos que ajudaram a livrarem-se da série de “concepções espontâneas” relatadas no começo deste trabalho.

#### 4. PERSPECTIVAS FUTURAS

Com o experimento pronto, será feita uma aplicação em todas as turmas de Física Básica dos cursos de engenharia do UnicenP. Serão aplicados testes tradicionais (PEDUZZI, 2001) sobre as relações entre força, velocidade, aceleração e movimento. O aprendizado dos estudantes via aplicação do experimento assistido por computador poderá ser avaliado nesta etapa. O próximo passo será a aplicação do experimento a outros princípios físicos, como Teorema do Impulso e Quantidade de Movimento, bem como o estudo de colisões. Está previsto o desenvolvimento de sensores de impacto embarcados nos carrinhos para tais estudos.

#### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M.A.T.; BARROSO, M.F.; FALCÃO E.B.M.; GONZALEZ, E.A.M. Reversão do desempenho de estudantes em um curso de Física Básica. **RBEF**, vol 23, n. 1, 2001. p. 83-92.

ARAÚJO, I; VEIT, E; MOREIRA, M.A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da cinemática. **RBEF**, vol 26, n. 2, 2004. p. 179-284.

BRANSFORD, J. D; BROWN, A. L; COOKING, R. R. (ed). *How People learn: Brain, mind, experience and school*. Washington: National Academy Press, 2000.

CORDEIRO, L.F. *É significativa a aprendizagem escolar do conceito físico de aceleração no primeiro ano do ensino médio?* Dissertação de Mestrado. Departamento de Educação, Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2003.

FIOLHAIS, C.; TRINDADE, J. Física no computador: o computador como uma ferramenta no ensino e aprendizagem das ciências físicas. **RBEF** vol 25, n. 3, 2003. p. 259-272.

FOX, D.; BUGARD, W.; THRUN, S. Markov Localization for Mobile Robots in Dynamic Environments. **Journal of Artificial Intelligence Research**. 1999.

KELLY, G. J.; CRAWFORD, T. Students interaction with computer representations: Analysis of discourse in laboratory groups. **Journal of Research in Science Teaching**, vol 33, 1996. p 693-707.

LAUDERES, F. LOPES, C.S.M.; CRUZ, F.A.O. Usando sensores magnéticos em um trilho de ar. **RBEF** vol 26, n. 3 2004. p. 233-236.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C. Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física. **RBEF** vol 24, 2002. p. 77-86.

MOREIRA, M.A. Minicurso: Aprendizagem Significativa. Notas de Aula. IV ENPEC, Bauru, 2003.

PEDUZZI, S. Concepções alternativas em Mecânica. In *Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora*. Mauricio Pietrocola (Organizador). Editora da UFSC, Florianópolis, 2001.

VILLANI, A.; PACCA, J.; KISHINAMI, R.; HOUSUME, Y. Analisando o Ensino de Física: contribuições de pesquisas com enfoques diferentes. **RBEF**, vol 4, n. 3, 1982. p. 24-51.

#### **ACCELERATED MOTION REAL TIME STUDY THROUGH A DATA ACQUISITION SYSTEM ASSISTED BY COMPUTER**

**Abstract:** *The accelerated motion is still a problem at students learning. Because that it is object of studies and experiments. Students have problems to perceive acceleration as a variation rate. Instead of real learning, they proceed to simple and crude memorization. Use of new technologies in science teaching can help in order to change this scene. This work makes use of them, by adaptation of electromagnetic sensors on an airflow rail (without friction). The student may observe real time plotting of acceleration, velocity and displacement graphics. Comparing this data acquisition with what is occur at the real experiment, students would improve they learning about accelerated motion.*

**Keywords:** *Accelerated Motion, Computational Interface, Computer Assisted Experiments.*