

DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DE DADOS PARA O ESTUDO DO MOVIMENTO DE UM PÊNDULO

Maurício Perreto – e-mail: mperreto@unicenp.br
Centro Universitário Positivo – UnicenP, Engenharia da Computação
Rua Prof. Pedro Viriato Parigot de Souza, 5300 – Campo Comprido
81280-330 – Curitiba – PR

Nestor Saavedra – e-mail: saavedra@unicenp.br

José Carlos da Cunha – e-mail: cunha@unicenp.br

Resumo: *O estudo do movimento oscilatório é de grande importância no ensino da Física em geral e da Engenharia em particular. Grande parte dos fenômenos da natureza e aplicações de ciências exatas e tecnológicas envolve analogias e descrições baseadas em movimentos oscilatórios e periódicos. Por outro lado, nota-se que grande parte dos estudantes tem dificuldades na visualização do que acontece em tais tipos de movimento. Tais dificuldades se observam no momento de descrever, de maneira qualitativa e quantitativa, o comportamento das grandezas físicas envolvidas, causando então uma dificuldade na aprendizagem dos conteúdos relacionados. Desta forma, no presente trabalho propõe-se o desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de dados para o estudo do movimento de um pêndulo, cujo objetivo é integrar a utilização do computador em laboratórios de Ensino de Física, de uma maneira mais interativa, onde o estudante possa manipular o experimento e acompanhar em tempo real, na tela de um microcomputador, o comportamento das grandezas físicas relevantes do experimento. Além da interatividade, o computador não servirá apenas como um substituto à realização de cálculos e medidas, o que é criticável, já que não permite ao aluno aprender e desenvolver manipulação de dados em laboratório. Assim, o experimento real acompanhado pelo sistema de aquisição de dados com um programa que permite a visualização da evolução temporal do mesmo, servirá de ponte entre o experimento real e a abordagem física encontrada nos livros texto e que são, em grande parte, reproduzidas pelo professor em sala de aula.*

Palavras chave: *Pêndulo, Física, Experimentos.*

1. INTRODUÇÃO

Justificativa

O estudo do movimento oscilatório é de grande importância no ensino da Mecânica (HALLIDAY *et al*, 1996). Grande parte dos fenômenos da Natureza e aplicações de Ciências Exatas e Tecnológicas envolve analogias e descrições baseadas em movimentos oscilatórios e periódicos. Podemos citar aplicações envolvendo engenharia (SHAMES,

2003), biologia (LAKHNO, 2002; JONES E SLEEMAN, 2003) e até mesmo em administração de recursos humanos (CHUNG, 2001). O estudo de fenômenos oscilatórios na presença de uma perturbação é uma das maneiras mais simples de introduzir aos estudantes o estudo de fenômenos caóticos (FIEDLER-FERRARA, 1995; ESPERIDIÃO *et al*, 1992).

Ao lado deste quadro, nota-se que grande parte dos estudantes tem dificuldades na visualização do que acontece em tais tipos de movimento (BASIE e LUCIE, 1981). Há grande dificuldade em descrever de maneira qualitativa e quantitativa o comportamento das grandezas físicas envolvidas, causando então uma dificuldade na aprendizagem dos conteúdos relacionados. Por isto tudo, o estudo proposto de um pêndulo é salutar, como ferramenta para incrementar o aprendizado dos estudantes, através da comparação e observação de um pêndulo composto e a evolução das grandezas físicas relacionadas a este movimento.

O Projeto

O experimento proposto visa integrar a utilização do computador em laboratórios de Ensino de Física, mas de uma maneira mais interativa, onde o estudante poderá manipular o experimento e acompanhar em tempo real, na tela de um microcomputador, o comportamento das grandezas físicas relevantes do experimento. Além da interatividade, o computador não servirá apenas como um substituto à realização de cálculos e medidas, o que é criticável, já que não permite ao aluno aprender e desenvolver manipulação de dados em laboratório. Assim, o experimento servirá de ponte entre o experimento real e a abordagem física encontrada nos livros texto e que são, em grande parte, reproduzidas pelo professor em sala de aula. No seu estágio atual, o projeto encontra-se com a montagem do aparato concluída, a ser utilizado em sala de aula pelos professores assim que o conteúdo de oscilações entrar em pauta no ano letivo. Por ocasião do Cobenge, os resultados obtidos em aula com os estudantes serão apresentados.

2. DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

Aplicação de Novas Tecnologias no Ensino de Física

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 e 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 abstraindo-o muito do processo de observação e medição dos experimentos. Hoje em dia o consenso aponta por um equilíbrio entre estas duas posições antagônicas (KELLY e CRAWFORD, 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).

Este projeto visa juntar o melhor dos 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 pêndulo composto, acoplamos um sistema de aquisição de dados que permite a um programa 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 e CRAWFORD, 1996).

Estudo Físico dos Pêndulos

A primeira observação do caráter periódico das oscilações de um pêndulo foi feita por Galileu Galilei (GEYMONAT, 1997), quando comparava a oscilação de um destes com o seu próprio batimento cardíaco.

Para um pêndulo físico (ou composto), a expressão que nos permite calcular o período de oscilação do mesmo é dada por (HALLIDAY *et al*, 1996):

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{I}{mgd}}$$

Onde I é o momento de inércia do conjunto, m é a massa oscilante, g é a aceleração da gravidade no local do experimento e d é a distância do eixo de rotação (ponto o) ao centro de massa do conjunto, como pode ser visto na figura 1.

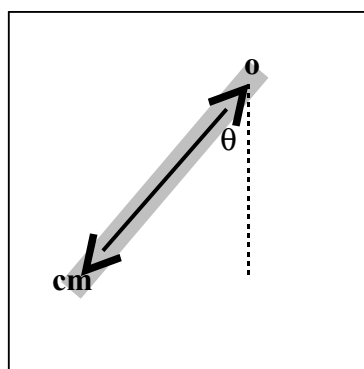


Figura 1: Variáveis em

um pêndulo físico

Deve-se lembrar que no cálculo desta expressão são consideradas algumas aproximações:

- 1) Atrito desprezível, ou seja, em cada instante, a única força que provoca o movimento (a força restauradora) é a componente do peso tangencial à trajetória do pêndulo.
- 2) Pequenas amplitudes de oscilação, já que na obtenção da equação do movimento, utilizou-se a aproximação $\text{sen}\theta \approx \theta$, para valores pequenos de θ (o ângulo de oscilação do pêndulo, em radianos).

3) A massa oscilante é um corpo rígido, ou seja, o seu momento de inércia é constante. Em nosso experimento, o estudante pode modificar o momento de inércia e pode escolher a amplitude do movimento.

Uma outra aplicação no estudo do movimento do pêndulo é a discussão dos tipos de movimentos oscilatórios no que diz respeito à conservação da energia, de onde vem o estudo dos movimentos amortecidos. A situação ideal seria um pêndulo sem atrito, mas na prática este sempre está presente. O experimento aqui descrito permite o estudo de movimentos com baixo ou alto grau de amortecimento, para que seja possível observar claramente a diferença entre os tipos de movimentos amortecidos (normal, crítico, etc).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Construção do Pêndulo

O pêndulo físico (composto), consiste de uma base fixa na qual há uma haste. Na parte superior da haste, uma peça feita sob medida serve como suporte para o eixo do pêndulo, com os rolamentos que servem de apoio a este eixo (figura 2). No eixo do pêndulo está fixada uma haste totalmente rosqueada, onde um cilindro de massa maior que a da própria haste está rosqueado na mesma, de modo que ao girá-lo, o estudante faz com que suba ou desça, variando a distância d que determina a distância do centro de massa do conjunto ao eixo de rotação.



Figura 2: Pêndulo montado sem rosqueável encontra-se na sua

Neste sistema foi espaçamento angular de 2° passagem da luz e uma região semelhante ao de posicionamento existentes em mouses de computadores. Por fim, foram posicionados dois diodos (leds) fotoemissores e dois fotorreceptores, cada par de um lado

o aparato eletrônico. O cilindro posição inferior.

acoplado um disco pintado com entre regiões que permitiriam a que bloqueia a passagem, em um sistema

do disco, de forma que as ondas produzidas pela passagem e obstrução da luz tivessem entre si uma defasagem de 45° (figura 3).

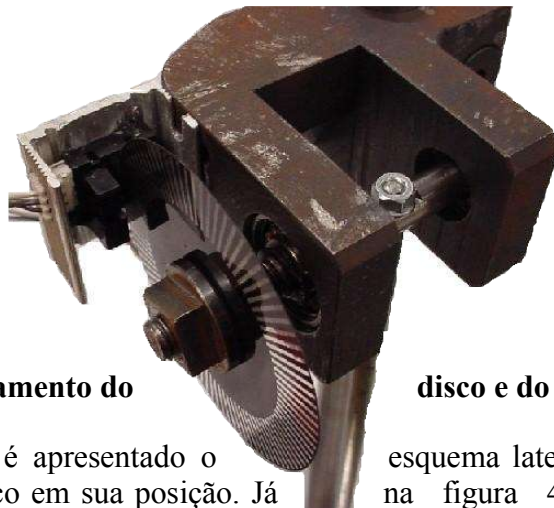


Figura 3: Posicionamento do disco e do leitor óptico no pêndulo

Na figura 4a é apresentado o esquema lateral de montagem da parte mecânica, com o disco em sua posição. Já na figura 4b são apresentadas as posições dos leds em relação ao disco. Quando a luz emitida pelo led passa pelo disco, um pulso é marcado no sistema eletrônico. Isto corresponde ao tracejado superior da figura. No tracejado inferior está um raio de luz que não atravessa o disco, logo, não gera um pulso que possa ser transformado em um sinal. A figura 4c mostra o formato da onda obtida com a sucessão de pulsos recebidos dos fotorreceptores. Devido a maneira de posicionamento dos sensores é possível saber a direção de rotação do disco lendo-se a seqüência de valores produzidos pelas duas ondas. Cada sensor só emite dois níveis de tensão diferentes, tal sistema é conhecido como binário, por ter apenas duas saídas, sendo possível apenas quatro combinações diferentes com esses dois sensores.

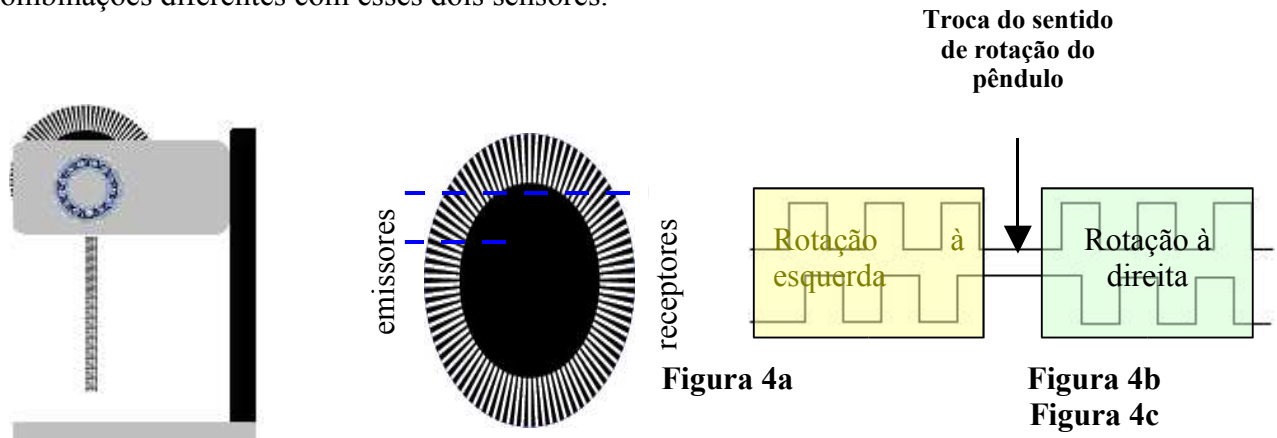
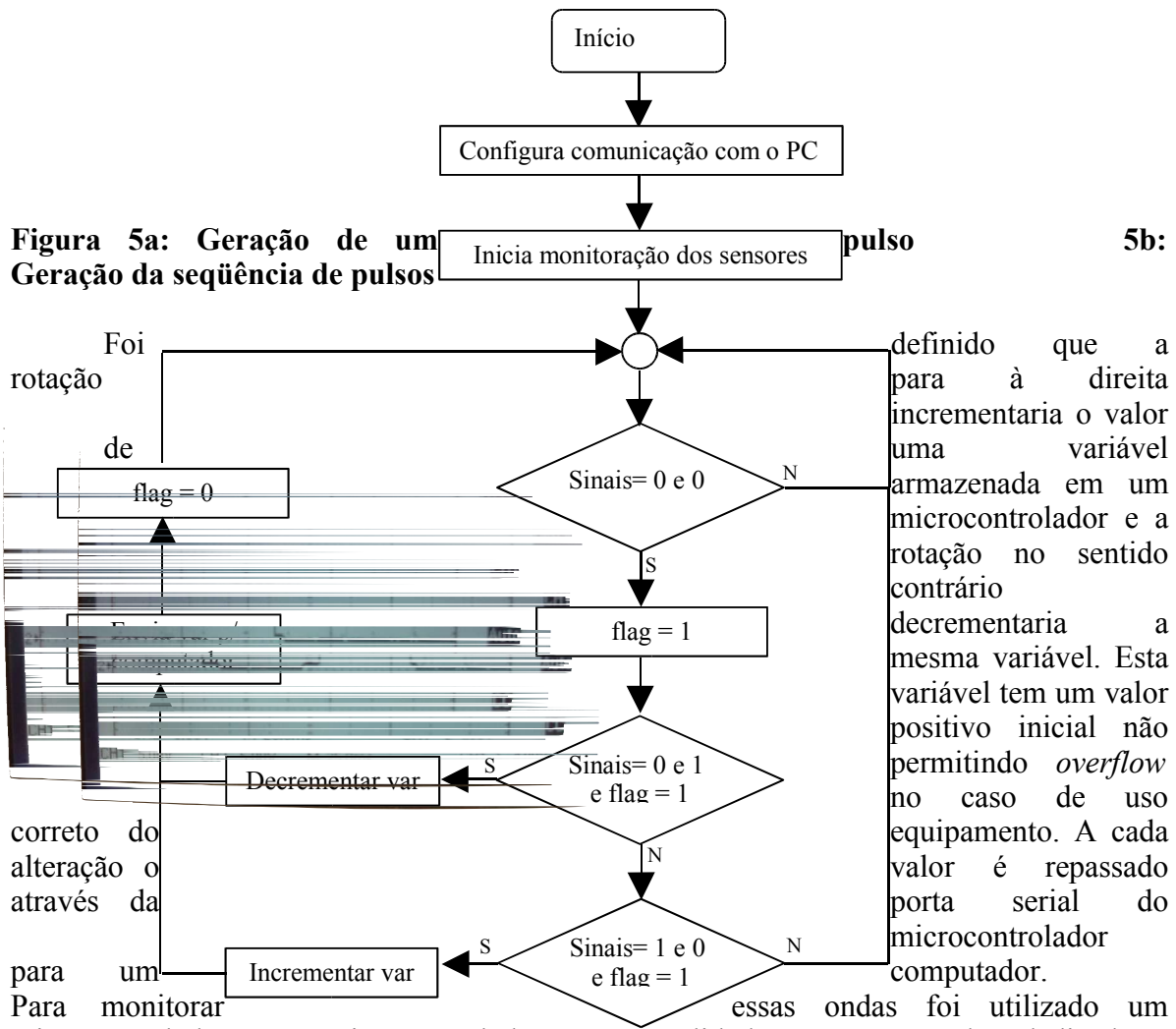


Figura 4

- (a) Esquema de montagem da parte mecânica
- (b) Posicionamento dos sensores em relação ao disco perfurado
- (c) Formas de onda de saída dos sensores.

Nas figuras 5a e 5b representam o formato da seqüência de pulsos saídos dos fotorreceptores e captados por um osciloscópio. Estes são os sinais a serem interpretados pelo circuito eletrônico que capta os sinais e os leva até o computador.

Figura 5a: Geração de um pulso **5b:**
Geração da seqüência de pulsos



definido que a para à direita incrementaria o valor uma variável armazenada em um microcontrolador e a rotação no sentido contrário decrementaria a mesma variável. Esta variável tem um valor positivo inicial não permitindo *overflow* no caso de uso equipamento. A cada valor é repassado porta serial do microcontrolador computador.

Para monitorar essas ondas foi utilizado um microcontrolador. Um microcontrolador é na realidade um processador dedicado e tem a incorporação de diversas funcionalidades eletrônicas, por exemplo, a comunicação através de porta serial com o computador, que permitem a redução do circuito elétrico. Além disso, um microcontrolador, como todo processador, executa um *software* que é desenvolvido especialmente para a aplicação no problema proposto permitindo, desta forma, a monitoração precisa dos sensores do pêndulo, sendo que a utilização direta do computador para essa monitoração poderia ocasionar a perda de informação. O fluxograma do software do microcontrolador que monitora o movimento do pêndulo é apresentado na figura 6.

Figura 6 – Fluxograma do programa inserido no microcontrolador

Desenvolvimento do Programa

Como um dos objetivos do projeto é apresentar os conceitos do movimento pendular de uma forma fácil ao aluno definiu-se o desenvolvimento de um software com uma interface simples que apresentaria o movimento do pêndulo, informações básicas do movimento, amplitude, frequência, período, e apresentaria a curva de amortecimento do movimento até o repouso. Na figura 7a é apresentada a tela principal do software. Após iniciado o movimento do pêndulo, a software começa a plotar a curva que representa a amplitude do movimento em cada instante, como mostrado na figura 7b.

Para verificar o movimento é necessária a configuração da porta serial conectada ao microcontrolador, a partir disso, a cada transmissão do equipamento o software calculará a posição angular do pêndulo em relação ao seu estado de repouso através da seguinte fórmula:

$$PA = (VR - PR) * \text{Graus}$$

Onde,

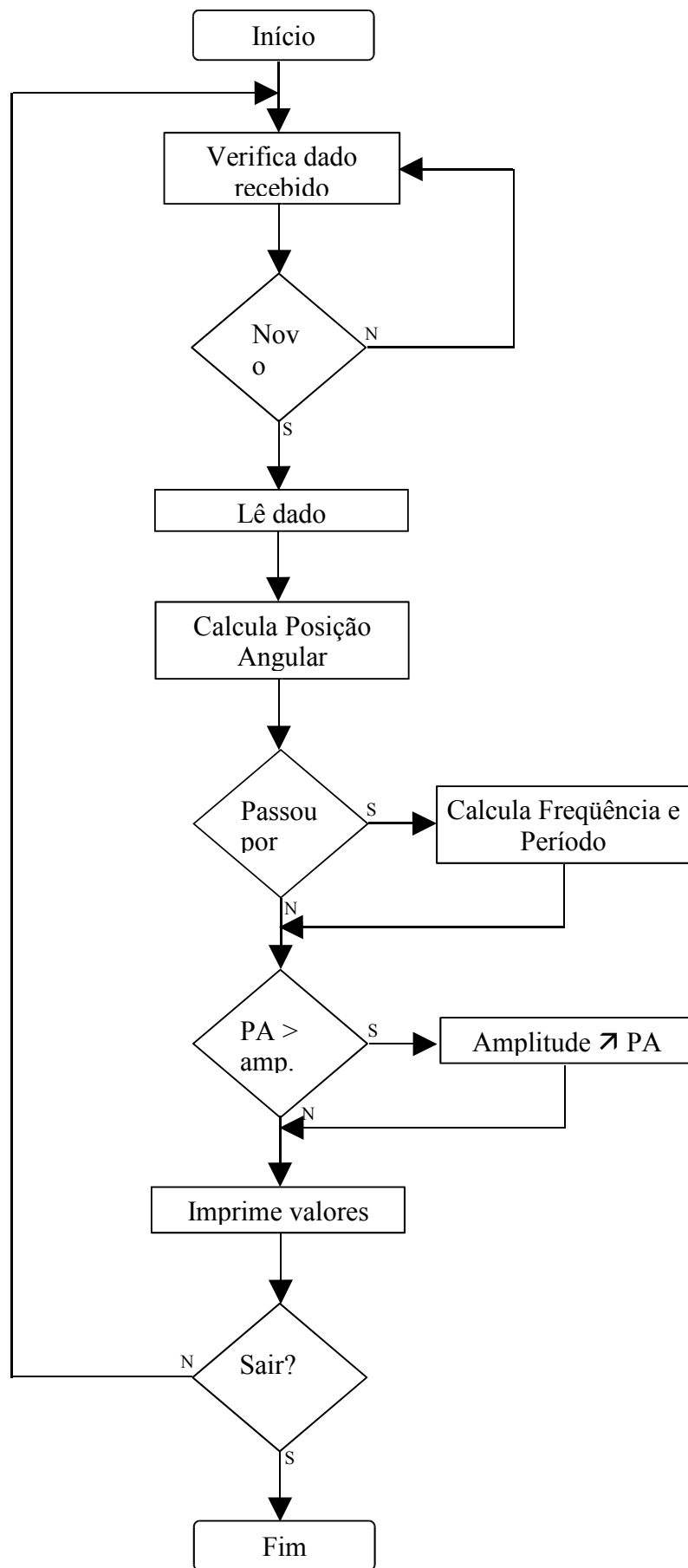
PA = Posição Angular

VR = Valor transmitido pelo microcontrolador

PR = Valor da posição de repouso

Graus = Distância em graus do espaçamento no disco perfurado

O período e a frequência são calculados com base na diferença de tempo entre duas passagens pelo ponto de repouso do sistema.



A amplitude apresentada é obtida através da comparação de sucessivos valores transmitidos pelo microcontrolador, armazenando apenas o de maior valor.

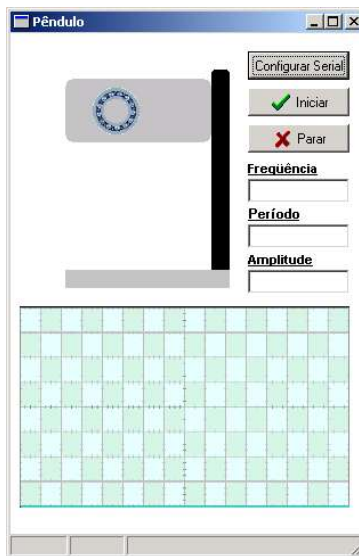


Figura 7a: Imagem da interface com o usuário

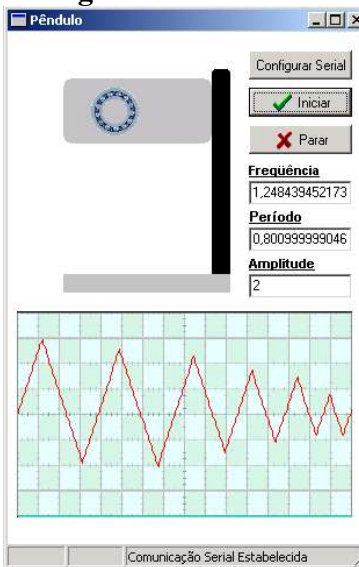


Figura 7b: Uma curva de amortecimento

Na geração do gráfico de amortecimento plota-se o valor transmitido em relação ao tempo transcorrido desde o primeiro movimento do pêndulo. O fluxograma de execução do software é apresentado na figura 8.

Figura 9 – Fluxograma de execução do software desenvolvido

4. RESULTADOS E CONCLUSÕES

Os nossos resultados preliminares com um grupo de alunos que já têm conhecimento prévio do estudo de oscilações foi bastante satisfatório. Pode-se destacar os seguintes pontos:

- Da observação do comportamento da amplitude, ficou mais fácil fazer considerações a cerca do comportamento da energia mecânica do sistema;
- Evitaram-se confusões comuns em sistemas mecânicos, onde freqüentemente os estudantes associam uma maior freqüência a uma maior energia mecânica inicial;
- Discussão mais profunda acerca do amortecimento dos movimentos oscilatórios, com os estudantes observando o experimento real e a evolução das grandezas físicas;
- Melhor compreensão do papel do centro de massa ao deslocarmos o cilindro rosqueado e repetirmos o experimento em diferentes configurações;
- Melhor compreensão do próprio conceito de momento de inércia.
- Este conteúdo será estudado pelos alunos do Unicenp no mês de agosto, quando o experimento será utilizado em aulas de laboratório com todas as turmas de Física Geral A. Por ocasião do Cobenge, estes resultados serão discutidos e demonstrados.

Com relação à montagem do experimento propriamente dito, as conclusões são as seguintes:

- É simples de ser montado;
- É de baixo custo(desde que já se tenha um computador PC disponível);
- É bastante interativo;
- Permite o acompanhamento do experimento real simultaneamente com a evolução temporal das grandezas físicas.

O caráter do experimento ainda permite que seja possível vários desenvolvimentos, que estão em desenvolvimento em nosso grupo de pesquisa (Grupo de Instrumentação e Pesquisa Aplicada ao Ensino de Ciências – Gipaec/Unicenp). Um desenvolvimento recente é o de fomentar a discussão com os estudantes integrando simulações computacionais e experimentos reais. Após exposição e desenvolvimento de um tópico pelo professor junto com os alunos, estes são estimulados a fazerem questionamentos sobre possíveis comportamentos das propriedades lecionadas. São então levados a prepararem um modelo em uma simulação computacional que, posteriormente, são confrontados com experimentos reais, para que sejam explicitadas também as aproximações que são feitas tanto no desenvolvimento da teoria física como na simulação computacional, que nada mais é do que uma aplicação simbólica de teorias físicas já estabelecidas.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAZIN, M.; LUCIE, P. *Porque e como estudar “o pêndulo simples” no laboratório básico?* RBEF vol 03, pp1-9, 1981

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

CHUNG, C.V. *Generic Structures in Oscillating Systems I*. Massachussets: MIT Univesity Press, 2001.

ESPERIDIÃO, A.S.C.; G.P. GUEDES, G.P.; WELTNER, K.; ANDRADE, R.F.S. *Espaço de fase do pêndulo físico não linear: Experimento e integração numérica*. RBEF vol 14, pp78-86, 1992

FIEDLER-FERRARA, Nelson; CINTRA DO PRADO, Carmen. *Caos - Uma Introdução*. São Paulo: Edgard Blücher, 1995.

GEYMONAT, L. *Galileu Galilei*. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1997.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert & WALKER, Jearl. *Fundamentos de Física*, Vol 2. 4ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, 1996.

JONES, D. S; SLEEMAN, B. D. *Differential Equations and Mathematical Biology*. Toronto: Chapman & Hall, 2003.

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

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

LAKHNO, V. D. *Phys. Chem. Chem . Phys.* Vol. 4, pp2246-2250, 2002.

MEDEIROS, A.; MEDEIROS, C.F. *Possibilidades e limitações das simulações computacionais no Ensino de Física*. RBEF vol 24, pp77-86, 2002.

SHAMES, H. I. *Dinâmica: Mecânica para Engenharia*. Vol. 2. São Paulo: Makron, 2003.