

## ESTUDO DO MOVIMENTO OSCILATÓRIO USANDO O SOFTWARE SCIDAVIS

Márcia Maria Lucchese<sup>1</sup>, Rosana Cavalcanti Maia Santos<sup>2</sup>, Cecília Petinga Irala<sup>3</sup>,

<sup>1</sup> Universidade Federal do Pampa/Campus Bagé/ mmlucchese@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Pampa/Campus Bagé/ prof.rosanamaia@gmail.com

<sup>3</sup> Universidade Federal do Pampa/Campus Bagé/ ceciliairala@gmail.com

### Resumo

*A execução de experimentos em aulas de laboratório na formação superior de Engenharia é essencial para a aprendizagem de Física. Porém, nos currículos dos cursos de Engenharias nas Universidades, as atividades de laboratório demandam tempo e os períodos destinados a estas aulas são curtos e assim, muitas vezes, o professor acaba tendo que elaborar as aulas com roteiros programados e posteriormente optar entre dedicar o tempo da aula para discutir um experimento ou seguir adiante com outra atividade o que acaba prejudicando o aluno em seu aprendizado. Dentro deste contexto, usando o experimento do pêndulo simples, este trabalho discute a utilização do software SciDAVis como um recurso didático para ser usado em aulas de laboratório com o objetivo de auxiliar os alunos na elaboração e análise dos gráficos além de propiciar ao aluno o conhecimento de uma ferramenta que também poderá ser usada nas suas atividades tanto em outras componentes curriculares quanto em seu futuro profissional. Espera-se com este recurso promover um experimento mais significativo e contextualizado, bem como reduzir as dificuldades na interpretação do movimento, além de disponibilizar de mais tempo para a discussão do fenômeno físico envolvido. Como resultado constatamos que o software, depois que os alunos aprendem a utilizá-lo é uma boa ferramenta, pois os gráficos são elaborados mais rapidamente que com o papel milimetrado, porém, quando avaliamos a utilização do software como um instrumento para auxiliar na aprendizagem concluiu-se que, da forma como foi trabalhado, não se obteve o resultado esperado uma vez que os alunos não tiveram a maturidade de entender a relação entre o movimento descrito experimentalmente e as funções matemáticas obtidas a partir das tabelas e dos gráficos elaborados no software.*

**Palavras-chave:** pêndulo simples, software SciDAVis, laboratório de física.

### Introdução

O pêndulo é um tema recorrente nas componentes curriculares básicas dos cursos de ciências exatas (ALBARELLO, J. R.; DUARTE, K.P.; FAORO, V., 2013; LEITÃO, L. I.; TEIXEIRA, P. F. D.; ROCHA, F. S., 2011). Para fins didáticos, dos diversos tipos de pêndulos, o experimento com pêndulo simples é um dos mais conhecidos e realizados, uma vez que, o estudo do seu movimento oscilatório e periódico permite a compreensão de conceitos introdutórios de Mecânica, além de servir como base para a realização de analogias e interpretação de diversos fenômenos da natureza, aplicações tecnológicas e introdução ao estudo de fenômenos caóticos (PERRETTO; 2004).

Apesar de tais potencialidades, o estudo do pêndulo é, geralmente, realizado de maneira restrita, uma vez que tal ferramenta é vista como um dispositivo experimental simples (um fio acoplado a uma massa) sendo utilizado para realizar algumas medidas em laboratório e constatar alguns resultados já esperados pela

previsão matemática (MATTHEWS; GAULD; STINNER, 2005) – remetendo-se a uma abordagem de um ensino tradicional e mecânico. Além disso, quando o estudo do movimento oscilatório do pêndulo é realizado a partir de tal abordagem, percebe-se que os estudantes têm certa dificuldade em interpretar o que acontece em tal movimento (BAZIN; LUCIE, 1981) e em descrever de maneira qualitativa e quantitativa o comportamento das grandezas físicas envolvidas, causando um obstáculo na aprendizagem de conteúdos relacionados (PERRETTO, 2004).

Assim, a fim de tornar o conhecimento sobre o movimento oscilatório do pêndulo simples mais significativo e contextualizado, bem como reduzir as dificuldades em interpretar tal movimento, propomos que as atividades experimentais desenvolvidas em laboratório sobre tal tema fossem realizadas com o apoio de ferramentas tecnológicas, como por exemplo, o *software Scientific Data Visualization* (<http://scidavis.sourceforge.net/>).

A inserção de tais ferramentas tecnológicas oferece potencialidades para o ensino e aprendizagem, como cita Valente:

Quando o aluno usa o computador para construir o seu conhecimento, o computador passa a ser uma máquina para ser ensinada, propiciando condições para o aluno descrever a resolução de problemas, usando linguagens de programação, refletir sobre os resultados obtidos e depurar suas ideias por intermédio da busca de novos conteúdos e novas estratégias. Nesse caso, os *softwares* utilizados podem ser os *softwares* abertos de uso geral, como as linguagens de programação, sistemas de autoria de multimídia, ou aplicativos como processadores de texto, *software* para criação e manutenção de banco de dados. Em todos esses casos, o aluno usa o computador para resolver problemas ou realizar tarefas [...]. A construção do conhecimento advém do fato de o aluno ter que buscar novos conteúdos e estratégias para incrementar o nível de conhecimento que já dispõe sobre o assunto que está sendo tratado via computador (VALENTE, 1999, p. 12).

Nesse contexto este trabalho se propõe a utilização do *software* SciDaVis como uma ferramenta para possibilitar e facilitar a investigação do movimento do pêndulo simples em aulas de laboratórios.

### Objetivos do Trabalho

O trabalho tem como objetivo tornar o componente curricular laboratório de Física II, obrigatória para os cursos de Engenharia, mais dinâmica e proporcionar uma aprendizagem mais significativa ao aluno. Para isto utilizou-se dois recursos pedagógicos:

- a experimentação, na qual os alunos receberam um roteiro para a execução da atividade;

- o uso de um *software* livre, o SciDAVis com o qual eles inseriram os dados do experimento, elaboraram os gráficos a partir das tabelas, inseriram as equações e obtiveram as equações teóricas e experimentais, proporcionando assim um comparativo entre os dois valores.

Com a experimentação espera-se que os alunos observem, elaborem e deduzam os conceitos físicos envolvidos durante a execução do experimento (BORGES, 2002) e com o *software* acredita-se que os alunos consigam elaborar os gráficos com as variáveis obtidas no experimento e assim ter mais tempo para a interpretação da modelagem matemática com o auxílio do professor e consequentemente tendo uma aprendizagem mais significativa do conteúdo que está sendo abordado.

### Justificativa

As atividades experimentais na formação superior em Engenharia são essenciais para a aprendizagem de Física, porém a maneira como as componentes curriculares estão organizadas acaba prejudicando o aluno em seu processo de aprendizagem, pois, por exemplo, a componente curricular de Laboratório de Física II, acontece de forma independente da componente curricular teórica de Física II e, muitas vezes, os alunos ainda não estão familiarizados aos conteúdos de Física II quando estes conceitos são trabalhados em laboratório.

Nos currículos das Engenharias da Universidade a componente curricular de Laboratório de Física II tem como pré-requisito Laboratório de Física I e Física I, assim, o aluno não precisa estar nem matriculado na componente teórica de Física II para ter as aulas de laboratório de Física II. A componente curricular de laboratório é tratada pelos Núcleos Docentes Estruturantes das Engenharias como independente em relação ao conteúdo da componente teórica e isto dificulta o trabalho do professor no laboratório, pois precisa ministrar a aula com um número grande de alunos (turmas de 25 alunos) e antes de realizar o experimento necessita apresentar o conteúdo teórico, o que demanda um tempo que poderia ser destinado na discussão e interpretação dos resultados ou realização de outras atividades. Se os experimentos fossem ministrados concomitantes as aulas teóricas a aprendizagem dos alunos, em relação ao conteúdo trabalhado, seria muito mais significativa.

Tradicionalmente os alunos não utilizam programas de computador nesta etapa do curso para a construção de gráficos a partir de tabelas ou equações, o que acaba sendo muito trabalhado na componente curricular de Física I é a elaboração dos gráficos em papel milimetrado. Com a utilização dos programas de computador, assim que os alunos aprendem os recursos disponíveis, a construção dos gráficos é mais rápida e o professor pode dedicar um maior tempo da aula para a análise e interpretação, pois nota-se uma grande dificuldade dos alunos neste tipo de trabalho (ARAÚJO, 2004).

A opção em se trabalhar com o *software* SciDAvis foi porque ele pode ser adquirido de forma gratuita e possui uma interface gráfica fácil de ser usada além de ter um bom número de recursos, ele pode ser instalado em computadores com plataforma Linux, Windows e Macintosh. Tem aparência similar a outros programas disponíveis para Windows e tradicionalmente usados para elaboração de gráficos e planilhas, tais como: Origin e Sigmaplot, *softwares* normalmente utilizados sem registro. A figura 1 mostra a interface dos softwares SciDAvis.

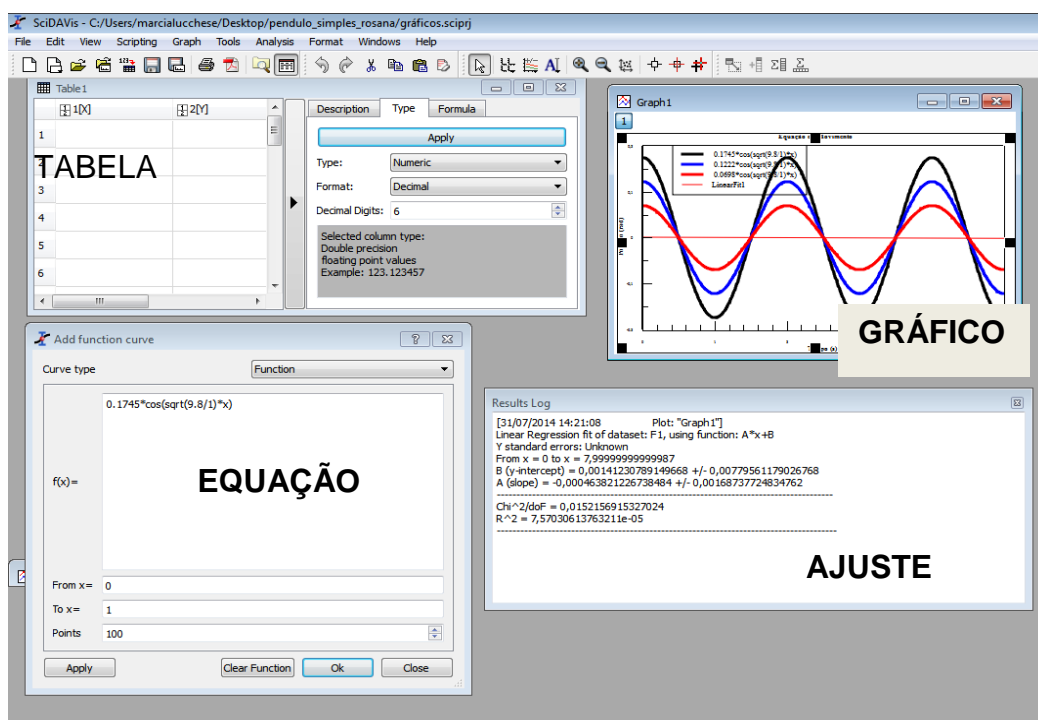


Figura 1: Imagem da interface gráfica entre do software SciDAVis, na figura exemplifica-se os elementos disponíveis no *software* usados neste trabalho.

### Descrição das Atividades

As atividades foram realizadas em 4 horas aulas de 50 minutos com duas turmas (de 25 alunos cada) dos cursos de Engenharias na componente curricular de Laboratório de Física II.

O experimento foi executado seguindo um roteiro fornecido pelo professor e consta de uma breve exposição teórica do conteúdo com a dedução das equações envolvidas, um passo a passo do que o aluno deve executar observar e anotar e um pequeno questionário que deve ser respondido pelo aluno no final da atividade. As anotações são realizadas em um caderno de laboratório, e este deve conter para cada atividade, o título do experimento, data de realização e membros do grupo; objetivos; roteiro dos procedimentos experimentais; esquema do dispositivo utilizado; dados medidos; análise (cálculos e gráficos); resultados e conclusões (que devem incluir as respostas do questionário) e, quando houver necessidade, alguma observação.

Na primeira atividade os alunos tinham que determinar a aceleração da gravidade ( $g$ ) a partir do movimento do pêndulo simples para pequenos ângulos, para isto foram necessários os seguintes materiais: corpo de metal, fios de massa desprezível, sensor fotoelétrico, contador digital, suportes e fita métrica. Nesta atividade os alunos mantiveram a amplitude fixa e mediram os períodos do pêndulo variando o comprimento ( $l$ ), foram anotados os valores e em uma tabela colocaram o valor médio do período ( $T$ ) e o valor do quadrado do período ( $T^2$ ) para cada comprimento. Com o auxílio do *software* os alunos elaboraram dois gráficos:  $l \times T$  e  $l \times T^2$  e ajustaram as funções achavam que melhor se adequariam aos dois gráficos.

Para a análise do experimento foram elaboradas as seguintes questões: o gráfico de  $T \times l$  tem um comportamento linear? O gráfico de  $T^2 \times l$  tem um comportamento linear? Qual dos dois gráficos é mais apropriado para se obter o

valor de  $g$ ? Por quê? Após responder as questões os alunos discutiram seus resultados com os colegas da sala. Na discussão questionaram-se os motivos que levaram as diferenças entre os resultados, qual a proporcionalidade entre o comprimento do pêndulo e o período, e se o modelo matemático estaria de acordo com os dados obtidos pelo grupo.

Na segunda atividade experimental os alunos tiveram que identificar cada um dos parâmetros envolvidos na equação do pêndulo (equação 2). Nesta atividade os alunos realizaram uma experiência controlada, ou seja, em um primeiro momento mantiveram a amplitude do movimento constante ( $\theta_m$ ) e variaram o comprimento do pêndulo ( $l$ ) e, em um segundo momento, variaram a amplitude do pêndulo ( $\theta_m$ ) mantendo o comprimento fixo.

Para a realização desta atividade os alunos podiam usar os dados do experimento anterior para a primeira etapa ou poderiam obter os valores do período para dados valores sugeridos de comprimento (0,3m, 0,5m e 1,0m) e o valor determinado para o ângulo inicial ( $\theta_m$ ) foi de  $5^\circ$  (0,083 rad). Após montarem o sistema os alunos largavam o corpo metálico em  $5^\circ$ , os períodos eram armazenados no contador digital. Posteriormente, os alunos elaboraram uma tabela contendo comprimento ( $l$ ) e período ( $T$ ). Com o recurso do *software* os alunos inseriram todas as equações do movimento do pêndulo para cada período e analisaram graficamente o que se alterava em cada uma delas. Após isto foram instruídos a comparar os valores teóricos (a partir do gráfico) e práticos (a partir do sensor fotoelétrico) dos períodos obtidos.

$$\theta(t) = \theta_m \cos(\omega t) = \theta_m \cos\left(\sqrt{\frac{g}{l}} t\right) \quad [1]$$

Dado que  $\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$  temos:

$$\theta(t) = 0.083 * \cos\left(\sqrt{\frac{9.8}{l}} * t\right), \text{ com } l = 0.3; 0.5 \text{ e } 1,0\text{m} \quad [2]$$

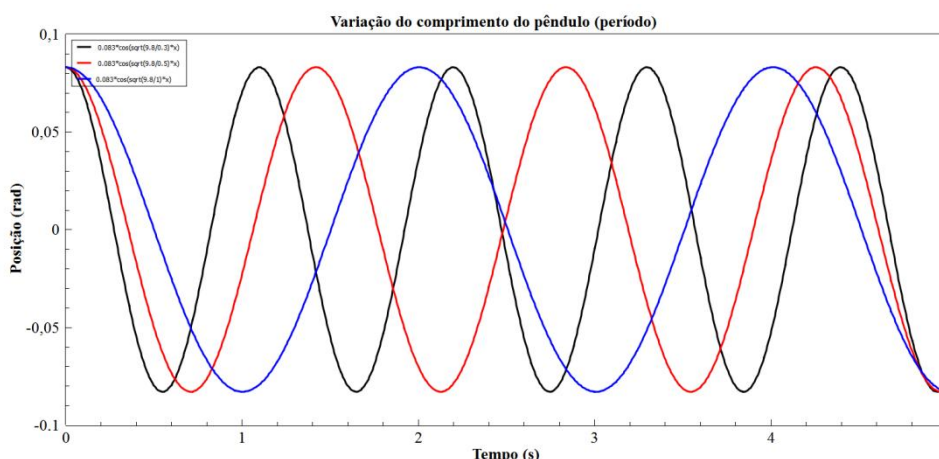


Figura 2: gráfico elaborado no software SciDAvis, no qual os alunos variaram o comprimento do pêndulo, ou seja, o período.

A questão colocada aos alunos foi: Como é possível “determinar” o valor do período do pêndulo a partir da construção gráfica realizada no item anterior?

Em um terceiro experimento os alunos mantiveram o comprimento do pêndulo fixo (em 1,0m e com o auxílio de um transferidor variaram a amplitude inicial ( $\theta_1 = 10^\circ \cong 0,1745 \text{ rad}$ ;  $\theta_2 = 7^\circ \cong 0,1222 \text{ rad}$ ,  $\theta_3 = 4^\circ \cong 0,0698 \text{ rad}$ ) e novamente usaram o sistema para obter o valor do período e com o auxílio do *software* elaboraram os gráficos inserindo as equações do movimento, para isto foram instruídos a elaborar os gráficos em um mesmo sistema de eixos ordenados, pois assim eles poderiam verificar a variação da amplitude, figura 3. Novamente os alunos foram instruídos a comparar o valor obtido para o período teórico e prático do pêndulo.

$$\theta(t) = 0.1745 * \cos(\sqrt{(9.8/1)} * t), \quad [4]$$

$$\theta(t) = 0.1222 * \cos(\sqrt{(9.8/1)} * t), \quad [5]$$

$$\theta(t) = 0.0698 * \cos(\sqrt{(9.8/1)} * t), \quad [6]$$

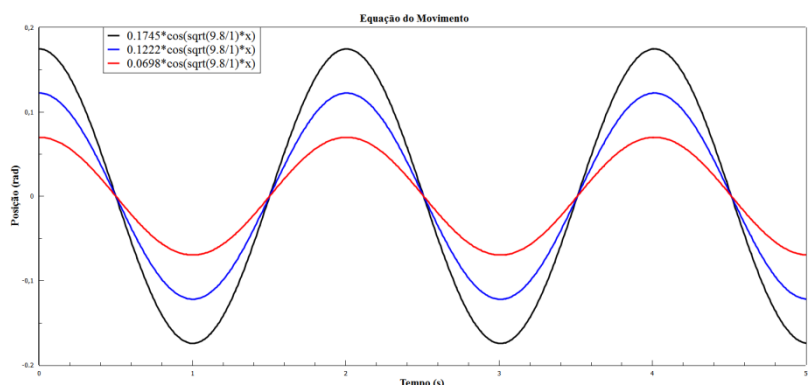


Figura 2: gráfico elaborado no software SciDAvis, no qual os alunos variaram a amplitude do movimento mantendo o período fixo.

As seguintes questões de encaminhamento foram fornecidas aos alunos para promover a análise e discussão dos resultados: como se comporta o período do pêndulo quando a amplitude é mantida constante e o comprimento do pêndulo é alterado? Você esperava esse resultado? Busque uma explicação para essa observação a partir da modelagem matemática para o cálculo do período do pêndulo simples. A partir deste experimento, observamos que é possível determinar o período do pêndulo simples a partir do gráfico da equação do seu movimento oscilatório. Explique como isso é possível.

### Análise dos resultados

Para este trabalho não foram realizadas análises quantitativas, o que temos foram observações das professoras a respeito da realização da prática, os

resultados das provas da componente curricular que envolveu o conteúdo e a avaliação dos cadernos de laboratório.

Em relação à compreensão da utilização do software SciDAVis os alunos souberam manusear as ferramentas disponíveis, elaboraram facilmente gráficos a partir das tabelas inseridas, porém, tiveram dificuldade em inserir o modelo matemático pois não souberam identificar as variáveis. No roteiro eles receberam a equação com as variáveis  $\theta(t)$  e  $t$ , no software elas aparecem como  $f(x)$  e  $x$ . Em prova realizada, do total de 42 alunos, 20 reproduziram a equação no computador e 22 não conseguiram reproduzir a equação.

Ao elaborar os gráficos do  $T^2 \times L$  os alunos compreenderam que a partir desta equação eles obtinham o valor da aceleração da gravidade através da equação da reta, porém, não conseguiram entender a não linearidade entre o período e o comprimento, quando se solicitou o ajuste gráfico do  $T \times l$  todos usaram a ferramenta ajuste linear para os pontos no gráfico.

Da maneira que foi trabalhado, a grande maioria não conseguiu verificar os elementos físicos que poderiam ser facilmente obtidos a partir dos gráficos e ajustes. Muitos recorreram às equações para obter o valor de  $g$ , realizaram todos os cálculos e posteriormente fizeram a média para obter o valor de  $g$ , se usassem o *software* obteriam a declividade da reta, que estava explícita no ajuste gráfico e assim o valor da aceleração da gravidade. Os alunos conseguiram verificar que não houve variação no período do pêndulo quando alteraram a amplitude do movimento, porém houve uma grande dificuldade em identificar o que é o período quando construíram os gráficos  $\theta(t) \times t$ .

### Considerações finais:

Como conclusão constatamos que da maneira como foi abordada a utilização do *software* SciDAVis vimos que ele pode ser usado como uma ferramenta que auxilia na atividade experimental de forma a torná-la mais dinâmica. Algumas dificuldades dos alunos em relação à utilização do *software* podem ser facilmente resolvidas quando identificadas pelo professor, a inserção do modelo no programa, quando identificada a dificuldade foi facilmente compreendida pelos alunos.

Mas a utilização do *software* como ferramenta de ensino, na tentativa de fazer com o que o aluno compreendesse as relações matemáticas, equações e análise gráfica não teve o resultado esperado. A maioria dos alunos não entendeu a relação entre os dados obtidos experimentalmente e os gráficos elaborados no programa nem a relação entre o ajuste matemático e as equações do pêndulo.

Este trabalho foi uma tentativa inicial das professoras em tentar modificar as aulas de laboratório de Física II com a inserção de ferramentas de fácil acesso aos estudantes. Consideramos este trabalho elementar e inicial e entendemos que o processo de ensino não deve ser estático e nunca estará finalizado, devemos aperfeiçoar e melhorar a metodologia aplicada nas aulas de laboratório, com atividades abertas e contextualizada (MASSONI, N. T, 2014) e a utilização consciente da modelagem computacional (HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S., VEIT, E. A. 2012). Estas novas abordagens são os novos desafios para as professoras repensarem suas práticas e servem como novas ideias para novas aplicações em sala de aula.

### Agradecimento

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa Observatório de Educação, da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/Brasil.

### Referências

ALBARELLO, J. R.; DUARTE, K.P.; FAORO, V.; Oscilação e velocidade do pêndulo simples na modelagem matemática. **Revista Eletrônica de Extensão da URI, Vivências**. V. 9, n.17: p. 83-94, out. 2013.

ARAÚJO, I. S.; VEIT E. A.; MOREIRA M. A; Atividades de modelagem computacional no auxílio da interpretação de gráficos de cinemática. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 179 - 184, 2004.

BAZIN, M.; LUCIE, P. Porque e Como estudar “O Pêndulo Simples” no Laboratório Básico? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 3, n.1, p.3-9, 1981.

BORGES, A. T. Novos Rumo para o Laboratório de Ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.3, dez. 2002.

HEIDEMANN, L. A.; ARAUJO, I. S., VEIT, E. A.; Ciclos de Modelagem: uma proposta para integrar atividades baseadas em simulações computacionais e atividades experimentais no ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.29, n. especial 2, p. 965-1007, out. 2012.

LEITÃO, L. I.; TEIXEIRA, P. F. D.; ROCHA, F. S., A vídeo-análise como recurso voltado ao ensino de física experimental: um exemplo de aplicação na mecânica, **Revista Electrónica de Investigación en Educación en Ciencias**, v. 6 n. 1 julho, 2011.

MASSONI, N. T.; Ensino de laboratório em uma disciplina de Física Básica Voltada para cursos de Engenharias: análises e perspectivas, **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 258 258-288, ago. 2014.

MATTHEWS, M.; GAULD, C. STINNER,. **The Pendulum**. Netherlands: Springer, 2005.

PERRETTO, M. et al. **Desenvolvimento de um sistema de aquisição e tratamento de dados para o estudo do movimento de um pêndulo**. Trabalho apresentado no IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física, Jaboticatubas, 2004.

VALENTE, J. A. **O computador na sociedade do conhecimento**. Coleção informática para a mudança da educação, 1999.