

# ANÁLISE DO MOVIMENTO PERIÓDICO: UMA PROPOSTA DE ABORDAGEM VIRTUAL

## ANALYSIS OF PERIODIC MOTION: A PROPOSAL FOR VIRTUAL APPROACH

Victor Abath da Silva, Frederico A. O. Cruz\*

*Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica – RJ*

**Resumo:** Os movimentos com características periódicas estão presentes em muitas situações do dia a dia e em muitos fenômenos da natureza, no entanto a abordagem sobre o tema está sempre ligada a exemplos pouco esclarecedores aos alunos. Apesar de existirem boas propostas de atividades experimentais, para a demonstração dos conceitos básicos nem sempre é possível a sua realização, seja pela falta de local apropriado ou mesmo tempo para sua execução. Pensando nisso, propomos nesse trabalho uma abordagem dos conceitos de movimento periódico com a utilização de recursos computacionais simples. Dessa forma foi possível demonstrar as características de oscilação de uma partícula em movimento circular e de sua respectiva sombra, em torno de um ponto central, tornando assim simples o entendimento sobre esse tipo de fenômeno físico.

**Palavras-chave:** MHS, *applet*, Tracker.

**Abstract:** Movements with regular features are present in many situations of everyday life and in many phenomena of nature, however the approach to the subject is always linked to some illuminating examples to students. Although there are good proposals for experimental activities, for the demonstration of the basic concepts is not always possible to its realization, is the lack of an appropriate place or same time to their execution. With that in mind, I propose in this paper an approach of periodic motion concepts with the use of simple computational resources. It was thus possible to demonstrate the oscillation characteristics of a circular moving particle and its respective shadow around a central point, thus making it easy understanding of this type of physical phenomenon.

**Keywords:** SHM, *applet*, Tracker.

## 1. Introdução

Os movimentos com características periódicas estão presentes em muitas situações do dia a dia e em muitos fenômenos da natureza, sendo caracterizados por ocorrerem de forma similar em intervalos de tempo iguais que são denominados de período ( $T$ ) (CUTNELL & JOHNSON, 2006).

Podemos citar como exemplo de movimentos periódicos a rotação de uma partícula em torno de um ponto fixo com velocidade constante, como no caso do movimento circular uniforme, e movimento harmônico de uma partícula em torno de um ponto, como aquele que ocorre mostrado num sistema massa mola.

---

\* frederico@ufrj.br

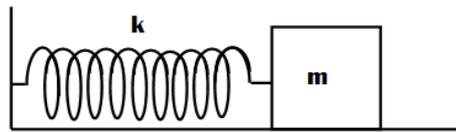


Figura 1 - Representação do sistema massa mola.

Ambos os movimentos possuem características próprias, no caso do movimento circular o raio ( $r$ ) fixo e a velocidade angular ( $\omega$ ) e no caso do movimento oscilatório a amplitude de oscilação ( $A$ ) e frequência de oscilação ( $f$ ), no entanto quando os movimentos são sobrepostos é possível perceber que existe uma similaridade na posição da partícula em relação ao eixo horizontal (SEARS ET AL, 1983).

A similaridade mencionada acima, para os dois movimentos em questão, pode ser percebida quando se ilumina uma partícula em movimento circular uniforme num plano vertical. Se houver um plano perpendicular à superfície do disco, abaixo dele, a sombra da partícula nessa superfície horizontal descreverá um movimento harmônico simples (Figura 2).

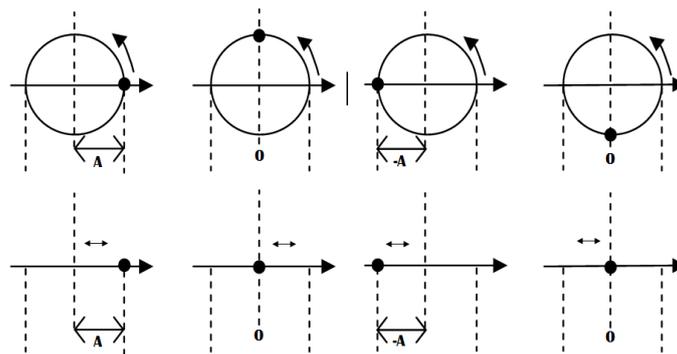


Figura 2 - Representação dos movimentos circular e harmônico.

Se isso é verdade, uma vez que o movimento da partícula em movimento periódico tem como equação de movimento (ALONSO & FINN, 1972):

$$x(t) = A \sin(\theta_0 + \omega t), \tag{1}$$

onde  $A$  é amplitude de movimento da sombra, que nada mais é que o raio do círculo,  $\theta_0$  é a fase inicial e que pode ser obtida pela posição inicial da esfera em relação a posição central,  $\omega$  a frequência angular de oscilação e  $t$  o tempo medido, a projeção do movimento da partícula em movimento circular deverá ser regida pela mesma equação, demonstrando que o movimento harmônico pode ser visto como uma projeção do movimento circular uniforme em uma reta.

Pela dificuldade de realização de atividades experimentais em muitas escolas, seja pela falta de laboratórios ou mesmo pela indisponibilidade de tempo, este tema é sempre abordado de forma tradicional com a representação do fenômeno apenas por desenhos ou figuras, como o apresentado na Figura 1, e a obtenção das constantes expressas na equação (1) são realizados apenas de forma teórica.

No caso dos cursos que são oferecidos na modalidade por meio de plataformas computacionais, como no caso dos cursos de Educação a Distância (EaD), muitas vezes as abordagens sequer são realizadas pelas próprias características do curso.

Uma alternativa que tem sido usada como elemento motivador ou como recurso para apresentação dos conteúdos é com a utilização das chamadas tecnologias de informação e comunicação (TIC), que permite ampliações metodológicas por acrescentarem elementos importantes no processo de ensino aprendizagem que vão desde o acesso à informação até novas formas de apresentação (Figura 3) (MARTINHO & POMBO, 2009; SOFFA & TORRES, 2009).

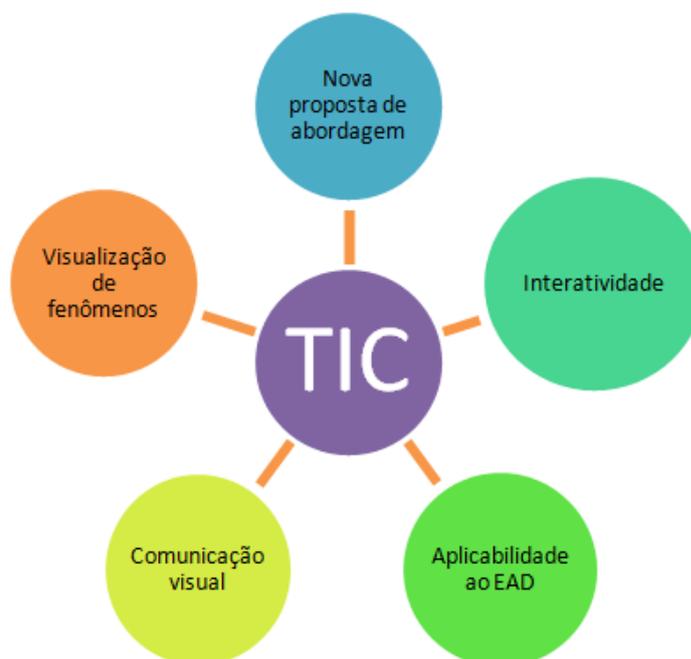


Figura 3 - Esquema de vantagens pela utilização das TICs.

No caso específico dos computadores atuais, estão disponíveis na rede mundial de computadores (*internet*) uma infinidade de recursos que podem ser utilizados dentro da atividade de aula. Entre os vários disponíveis os aplicativos em linguagem Java (*applets*) tem se mostrado um recurso pedagógico poderoso em várias áreas de conhecimento (BRAZ et al, 2004; BARCELOS et al, 2009; FELIX et al, 2013).

Esses aplicativos, por simularem situações reais, permitem aos alunos obterem suas próprias conclusões sobre um determinado fenômeno ou mesmo realizarem o treinamento para a posterior realização em um laboratório (MARTINS et al, 2015). As possibilidades trazidas por esses aplicativos não tornam o ensino informatizado, elas na realidade trazem uma forma de abordar fenômenos que antes não haveria qualquer possibilidade de interação e deve estar claro que esses não substituem as possibilidades de um trabalho em laboratório.

Dentro dessa perspectiva, neste trabalho apresentamos uma proposta para estabelecer uma metodologia virtual que permita a utilização desses softwares para obter as leis e equações que descrevem os fenômenos físicos apresentados nas turmas de nível médio e superior, por meio de uma sequência simples e objetiva (Figura 4).



Figura 4 - Esquema de ações com uso do applet.

## 2. Metodologia

Devido à dificuldade de estabelecer uma metodologia experimental para demonstrar o comportamento oscilatório de uma sombra projetada em um anteparo de um objeto em movimento circular uniforme, em nossa atividade optou-se por utilizar um *applet* e dois programas de computador (*software*) para explorar uma atividade que possa ser executada de forma a discutir os princípios físicos existentes nos problemas abordados.

O *applet* utilizado para simular o fenômeno que queríamos analisar foi obtido na rede mundial de computadores (*internet*) e é intitulado “Movimiento armónico simple” (Movimento Harmônico simples), onde é apresentada uma simulação da rotação de uma placa circular onde existe uma pequena esfera em sua superfície (Figura 5). Nesse pequeno programa é possível perceber que a rotação da placa produz uma variação da posição da sombra projetada da pequena esfera, na placa localizada abaixo dela, como o problema que buscamos analisar.

Essa pequena simulação tem como objetivo mostrar que existe a periodicidade entre o movimento, da sombra e da esfera, além de permitir que o observador perceba que a amplitude do movimento da sombra é igual ao raio da circunferência descrita pela esfera. No entanto, a simulação não permite a realização de medidas que possam aferir essas quantidades e assim a análise ocorre apenas de forma qualitativa e sem muitas possibilidades de interação.

Para tornar a análise de todos dos movimentos possíveis, será necessária à utilização de algumas outras ferramentas computacionais que permitam uma utilização mais profunda do aplicativo em sala de aula ou mesmo como proposta de atividade para os alunos.

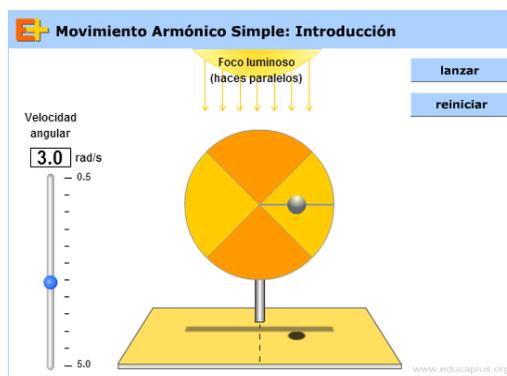


Figura 5 - Representação do applet utilizado na atividade (Fonte: <http://goo.gl/khTNq4>).

Para o procedimento de análise do movimento da esfera e da sombra, foi necessário obter na *internet* dois softwares de código livre (open source): Tracker® (BROWN, 2015), que é um programa gratuito para análise de vídeos e construção de modelos em ambiente Java e que

tem sido amplamente usado no ensino de Física (CALLONI, 2010; BEZERRA et al, 2011; JESUS & SASAKI, 2014) e o Gravador de Tela Grátis da Apowersoft®, utilizado para capturar tanto vídeo como áudio em computadores pessoais com sistema operacional Windows e Mac (APOWERSOFT, 2015).

Para realização do experimento definimos a velocidade angular do disco no *applet* e capturamos a rotação durante algum tempo para posterior análise. Uma vez realizada a gravação do funcionamento, os passos seguintes foram efetuar a importação do vídeo gravado para o Tracker® e a partir dele realizar a investigação do fenômeno.

Foi fundamental para a obtenção dos dados que fosse escolhida a linha tracejada que passa pelo centro do disco como orientação pra o eixo de coordenadas, uma medida arbitrária de calibração métrica (foi escolhida a distância da massa ao centro do disco), o objeto no disco e sua sombra projetada (Figura 6).

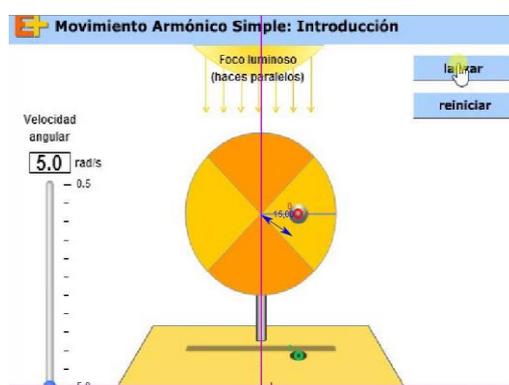


Figura 6 - Representação da posição dos eixos e da calibração (Fonte: <http://goo.gl/khTNq4>).

### 3. Resultados & Discussão

Antes de iniciar a atividade, é fundamental definir os valores de alguns parâmetros para que seja possível realizar a análise do movimento da massa e da sua sombra. Esses valores são apresentados na Tabela 1 e estabelecem as condições necessárias para a comparação dos resultados obtidos com o Tracker®.

Tabela 1 - Valores introduzidos no applet para realização da simulação.

<i>Grandeza</i>	<i>Valor numérico</i>
velocidade angular ( $\omega$ )	5,0 rad/s
raio da rotação (r)	15 cm
taxa de quadros	12 fps (frames por segundo)
massa (m)	1,0 u.m
fase inicial ( $\theta_0$ )	0 rad

A escolha da velocidade angular, de 5,0 rad/s, está diretamente ligada à opção por 12 fps (frames por segundo) durante a gravação, pois abaixo desse valor haveriam um ou mais quadros em que não perceberíamos movimento algum do corpo pelas características da construção do *applet*.

No caso do raio de rotação e o valor da massa, apresentados na Tabela 1, a escolha foi puramente arbitrária, uma vez que tínhamos conhecimento que a preferência por esses valores não afetaria o período do movimento e nem a captura da imagem pelo *software* escolhido para a realização dessa atividade, visto que o período está relacionado à velocidade angular ( $\omega$ ) e não a massa do corpo.

Apesar do Tracker® permitir obter uma boa quantidade de parâmetros, é importante salientar que entre as opções possíveis de análise a mais adequada é a que expressa a posição em função do tempo, representado por (t,x). As demais opções podem ser utilizadas em uma análise mais profunda ou em situações que não foram de interesse desta proposta, tais como permitir discutir com os alunos o comportamento da velocidade e da aceleração durante o movimento.

As possibilidades de avaliação ou não de alguns parâmetros podem ser estabelecidos antes de começar a atividade, mostrando aos envolvidos a necessidade de estabelecer metodologias na realização de um estudo. Isso mostrará ao aluno que mesmo uma atividade virtual deve possuir uma análise criteriosa e não é apenas uma brincadeira.

Com esses valores escolhidos e com a escolha da aba de análise correta, foi possível visualizar no programa Tracker®, em uma região a sua direita, o gráfico da posição da massa e da sua sombra em função do tempo, considerando para ambas o mesmo ponto de origem (Figura 7).

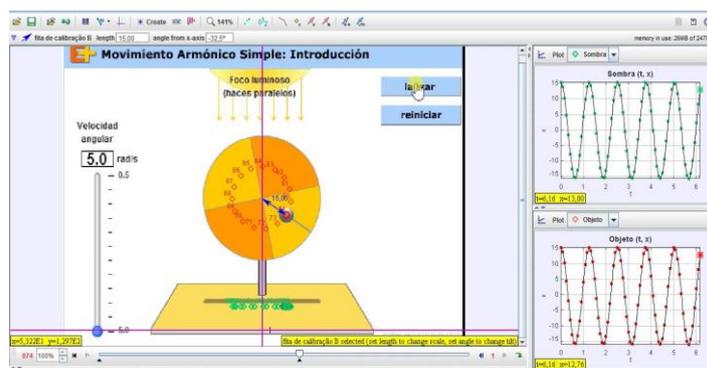


Figura 7 - Imagem do programa Tracker após a ocorrência da análise dos dados.

Observando detalhadamente os gráficos da variação da posição,  $x$ , em função do tempo,  $t$ , percebeu-se que o comportamento era semelhante para a esfera presa no disco e para a sua respectiva sombra (Figura 8). A semelhança dos comportamentos, mesmo que obtidos numa simulação, que obrigatoriamente deve garantir essa igualdade, trás aos estudantes a possibilidade de verificar os princípios envolvidos num primeiro momento.

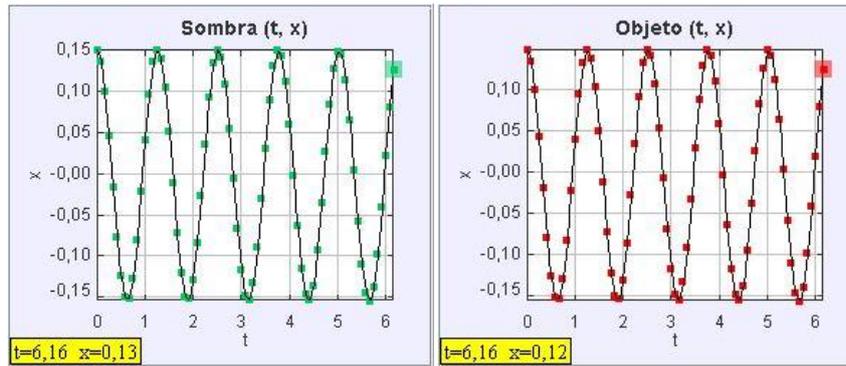


Figura 8 - Detalhamento da posição em x, em função do tempo, para a esfera presa no disco (linha vermelha) e sombra (linha verde).

Além do comportamento oscilatório obtido para ambos as figuras, pode-se explorar o comportamento da sombra e descrever para ela a equação diferencial do problema. Isso permite mostrar, utilizando valores numéricos, a expressão que muitas vezes é descrita apenas em função dos parâmetros k e m. Ao substituímos os valores em (1) encontramos:

$$x(t) = 0,15 \cos(5t), \tag{2}$$

Se realizarmos a superposição dessas curvas, é possível perceber que os movimentos são praticamente idênticos, como era de se esperar, com uma variação menor que 2% entre os valores obtidos para as duas curvas. Essa pequena diferença, no entanto, pode estar associada à marcação dos pontos pelo Tracker® para determinação do movimento das duas esferas (Figura 9).

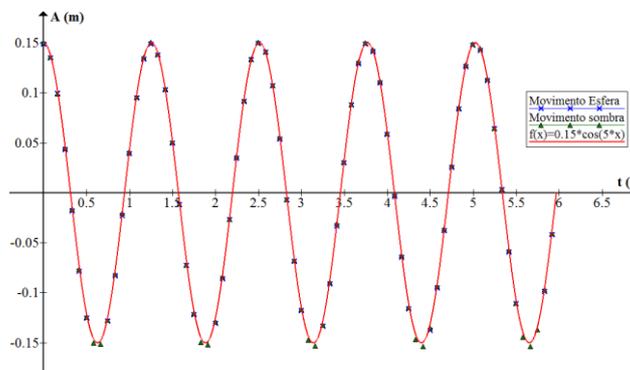


Figura 9 - Superposição dos movimentos em x, em função do tempo, para a esfera presa no disco (x), sombra (▲) e da função construída a partir dos valores da simulação (linha sólida).

Os resultados mostrados na Figura 9 permite verificar que os resultados esperados para a equação f(x) e os resultados (quase) experimentais obtidos com a utilização do Tracker® são similares, mostrando ao aluno o papel importante das abordagens teóricas, nos diversos fenômenos naturais, na previsão de resultados.

Apesar de existirem algumas boas propostas sobre o mesmo tema (FERREIRA, 2005; ARAÚJO et al, 2006), que podem ser facilmente encontrados na *internet*, nesse trabalho estamos propondo uma abordagem que não é meramente demonstrativa como nos trabalhos citados. A

abordagem proposta permitirá ao aluno, em momento posterior a atividade ser apresentada em sala, refazer-lá variando os valores das medidas assim obtendo suas próprias curvas e conclusões sobre o resultado obtido.

## 4. Conclusões

A primeira contribuição que podemos trazer desse trabalho é a possibilidade de aliar dois ou mais softwares de modelagem e simulação em física, para apresentação e entendimento dos fenômenos abordados em sala de aula. Ao contrário das propostas encontradas em muitos sites, a atividade aqui desenvolvida permitirá que o aluno perceba as características do movimento de forma plena e obtenha a expressão matemática que descreve o fenômeno.

Além do impacto para os alunos, essa abordagem facilitará o trabalho do professor que não precisará despender recursos, de tempo e financeiro, para a construção de um aparato experimental.

Finalmente, outro ponto importante da atividade é que ela também se mostra uma ferramenta indispensável no que tange a estratégias para ensino inclusivo, permitindo que alunos com algum tipo de limitação motora possam realizar a atividade por meio de simulações computacionais, e assim não sendo alijados do processo de ensino.

## 5. Agradecimentos

O presente trabalho foi realizado com apoio do Programa de Educação Tutorial – PET, do MEC - Ministério da Educação – Brasil.

## 6. Referências

ALONSO, M.; FINN, E. J. **Física: um curso universitário**, 2ª ed., Edgard Blücher, São Paulo, 1972.

APOWERSOFT. **Gravador de tela grátis da Apowersoft**. Disponível em <http://goo.gl/5TNfjy>. Acesso em 28 out. 2015.

ARAÚJO, J. C.; RIBEIRO, M. W.; SILVA, W.; LUZ, R. A.; RAIMANN, E.; CARDOSO, A.; LAMOUNIER, E. Realidade virtual como apoio ao ensino do movimento harmônico simples na física. In: **II Workshop de Aplicações de Realidade Virtual**, 2006.

BARCELOS, G. T.; BATISTA, S. C. F.; BEHAR, P. A.; PASSERINO, L. M. Applets em ambientes de geometria dinâmica: ações para a formação de professores de matemática. **Novas Tecnologias na Educação**. v. 7, n. 3, p. 1-11, 2009.

BEZERRA JR, A. G.; SAAVEDRA FILHO, N. C.; LENZ, J. A.; OLIVEIRA, P. L. Atividades experimentais de física mediadas por videoanálise e o software livre Tracker na formação inicial de professores. In: **VIII Encontro Nacional de Pesquisa**, Campinas, 2011.

BRAZ, E. S.; MATTA, C. E.; FERNANDES, A. E. A utilização de Java Applets no Ensino e na Aplicação de Algoritmos Genéticos. In: **VIII Encontro Latino-Americano de Iniciação Científica**, Vale do Paraíba, 2004.

BROWN, D. **Tracker: Video analysis and modeling tool**. Disponível em: <http://physlets.org/tracker/>. Acesso em 28 out. 2015.

CALLONI, G. J. A Física dos movimentos analisada a partir de vídeos do cotidiano do aluno: uma proposta para a oitava série. Dissertação de Mestrado. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2010.

CUTNELL, J. D.; JOHNSON, K. W. **Física**. v. 3, Rio de Janeiro: LTC, 2006.

FELIX, J. S.; MELO, R. M. B.; CRUZ, F. A. O.; LAUDARES, F. A. L. Experimentando em Física: praticando no real e no virtual. In: **XX Simpósio Nacional de Ensino de Física**, 2013.

FERREIRA, E. W. **Atividades Virtuais de Física: Ondulatória**, 2005. Disponível em: <https://goo.gl/esGZUL>, Acesso em: 08 dez. 2016.

JESUS, V. L. B.; SASAKI, D. G. G. Vídeo-análise de um experimento de baixo custo sobre atrito cinético e atrito de rolamento. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 36, n. 3, p. 3503-3509, 2014.

MARTINHO, T.; POMBO, L. Potencialidades das TIC no ensino das Ciências Naturais – um estudo de caso. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 8, n 2, p. 527-538, 2009.

MARTINS, T. F.; RODRIGUES, F. L.; MALAFAIA, P. A. M.; CRUZ, F. A. O. Princípio de Arquimedes: do treinamento virtual a execução experimental. **Vivências**. v. 10, p. 199-205, 2015.

SEARS, F. W.; ZEMANSKY, M. W.; YOUNG, H. D. **Física II – Ondas e Termodinâmica**, Rio de Janeiro: LTC, 1983.

SOFFA, M. M.; TORRES, P. L. O processo ensino-aprendizagem mediado pelas tecnologias da informação e comunicação na formação de professores on-line. In: **IX Congresso Nacional de Educação**, p. 10.424-10.434, 2009.