



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CAMPUS I  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**

**SEBASTIÃO DA SILVA PINTO**

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO  
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES COM O SOFTWARE MODELLUS**

**CAMPINA GRANDE  
2018**

**SEBASTIÃO DA SILVA PINTO**

**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO  
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES COM O SOFTWARE MODELLUS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Licenciatura em Física da Universidade Estadual da Paraíba, como requisito parcial à obtenção do grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientadora: Prof<sup>ª</sup>. Dr<sup>ª</sup>. Ana Raquel Pereira de Ataíde.

**CAMPINA GRANDE  
2018**



É expressamente proibido a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano do trabalho.

P659u Pinto, Sebastiao da Silva.  
Uma proposta de atividades didáticas para o ensino do movimento harmônico simples com o software Modellus [manuscrito] / Sebastiao da Silva Pinto. - 2018.  
24 p. : il. colorido.  
Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia , 2019.  
"Orientação : Profa. Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde , Departamento de Física – CCT."  
  
1. Ensino da física. 2. Atividades didáticas. 3. Modelagem computacional. 4. Cinemática. 5. MHS. I. Título

21. ed. CDD 531.112



**SEBASTIÃO DA SILVA PINTO**

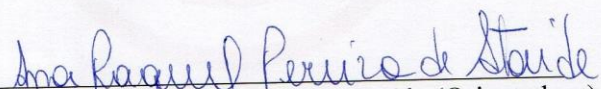
**UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO  
MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES COM O SOFTWARE MODELLUS**

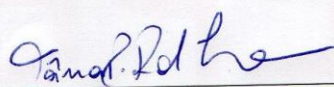
Artigo apresentado a Universidade Estadual da Paraíba como requisito parcial à obtenção do título de graduado em Licenciatura em Física.

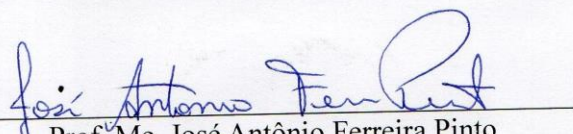
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovado em: 01/08/2018.

**BANCA EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dra. Ana Raquel Pereira de Ataíde (Orientadora)  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.ª Dra. Tâmara Pereira Ribeiro de Oliveira Lima e Silva  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

  
\_\_\_\_\_  
Prof.º Me. José Antônio Ferreira Pinto  
Universidade Estadual da Paraíba (UEPB)

Aos meus pais e aos meus irmãos pelo carinho e  
paciência nas horas difíceis, DEDICO.

## AGRADECIMENTOS

A minha mãe Paula e ao meu pai José por sempre acreditarem em mim, por me darem os melhores conselhos nos momentos de dúvida e ao apoio indescritível nos de angústia, obrigado pelas broncas e por todo o esforço empreendido em minha criação.

A minha orientadora Ana Raquel por sua presteza em minha orientação, pela oportunidade de participar do GEPEF (Grupo de Estudos e Pesquisa em Ensino de Física) e a sua grande paciência para comigo durante estes anos.

A professora Tâmara pela oportunidade de participar do Osa Campina Student Chapter, grupo onde tive (e tenho) grande desenvolvimento pessoal e acadêmico.

Ao professor Rafael Rodrigues (UFCG-CUITÉ) pelo incentivo ao longo do curso.

A professora Diana (EEEFMPHB) por todo o apoio e carinho que me deu durante o curso, pela oportunidade de iniciar minha carreira na escola onde estudei e pela confiança em mim depositada.

A todos os outros professores responsáveis por minha formação.

A Pedro, Seu Clóvis, Thiago, Toni, Jarbas, e aos outros motoristas dos ônibus dos estudantes universitários.

Aos funcionários da UEPB, em especial seu João, secretário da coordenação do curso de Física, pelo zelo e atenção ao tirar todas as minhas dúvidas inerentes as disciplinas, horários, etc.

A André Lima (Schrödinger) pelos esclarecimentos de algumas dúvidas durante minha trajetória no curso.

Aos meus colegas de casa Eduardo e Fernando pelo bom senso de cederem parte de seu espaço para que eu pudesse escrever o TCC com tranquilidade e pelas boas e construtivas conversas ao longo de algumas tardes e madrugadas improdutivas, “valeu”!

Aos meus irmãos por me aguentarem.

E ao povo paraibano que, através de seus impostos, financiam a educação e a pesquisa na UEPB.



"... Se a matemática é a linguagem que permite ao cientista estruturar seu pensamento para apreender o mundo, o ensino da ciência deve propiciar meios para que os estudantes adquiram esta habilidade...."

Maurício Pietrocola

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
<b>A DIFICULDADE EM COMPREENDER O SIGNIFICADO DA MATEMÁTICA NA FÍSICA .....</b>	<b>10</b>
<b>MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA .....</b>	<b>12</b>
<b>APRESENTAÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....</b>	<b>14</b>
<b>ATIVIDADE 1 .....</b>	<b>14</b>
<b>ATIVIDADE 2 .....</b>	<b>18</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>22</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>23</b>

## UMA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS PARA O ENSINO DO MOVIMENTO HARMÔNICO SIMPLES COM O SOFTWARE MODELLUS

Sebastião da Silva Pinto\*

### RESUMO

Neste trabalho apresentamos uma proposta de atividades didáticas, tendo como base o uso da modelagem computacional exploratória para o ensino do movimento harmônico simples (MHS) em turmas do 2º ano do Ensino Médio. Objetivamos que com a realização destas atividades, os estudantes compreendam os conceitos da Física associados ao MHS, que são estruturados através dos modelos matemáticos apresentados na proposta.

**Palavras-Chave:** Ensino da física, Atividades didáticas, Modelagem computacional, Cinemática, MHS.

### INTRODUÇÃO

Aprender e ensinar Física não é fácil, não por que o componente curricular seja demasiadamente difícil, aliás sem estudo compreender qualquer conteúdo é difícil. No nosso caso específico, “uma característica da Física que a torna particularmente difícil para os alunos é o facto de lidar com conceitos abstractos e, em larga medida, contra-intuitivos. A capacidade de abstracção dos estudantes, em especial os mais novos, é reduzida” (FIOLHAIS; TRINDANDE, 2003, p. 260). Somado a este fato também temos a relação entre a Física e a Matemática que, de certa forma, causa desconforto nos estudantes, em grande parte devido ao forte apelo matemático de que vários docentes fazem uso ao tratarem os conteúdos da Física. O desafio que se tem pela frente é como familiarizar os estudantes a abstracção de conceitos físicos e fazê-los compreender o papel da Matemática na interpretação de tais conceitos.

Todavia, graças ao árduo trabalho de pesquisadores em educação, o mundo atual nos fornece diversas alternativas para facilitar o processo de ensino e aprendizagem de conceitos físicos. Neste universo de possibilidades podemos destacar o uso das TICs (Tecnologias de Informação e Comunicação).

As TIC são as tecnologias que permitem capturar, interpretar, armazenar e transmitir informações, ou seja, TIC é um termo abrangente que inclui toda a gama de ferramentas eletrônicas por meio do qual podemos gravar e armazenar informações, e por meio do qual podemos trocar informações e distribuir para os outros (UNESCO, 2010, Apud OLIVEIRA; FREIRE, p. 1, 2014).

---

\* Aluno de Graduação em Licenciatura Plena em Física na Universidade Estadual da Paraíba – Campus I.  
Email: sebastiaolicfisica@yahoo.com.br

Nas mais diversas maneiras de trabalho com as TICs, as atividades que envolvem modelagem computacional têm se mostrado bastante úteis no processo de ensino e aprendizagem da Física. Estas atividades são divididas em duas categorias: as expressivas e as exploratórias.

Conforme Araújo, Veit e Moreira (2012) nas atividades de modelagem expressivas o(a) discente busca construir o modelo desde sua estrutura lógica, ou seja, é através da análise de algum fenômeno que o estudante vai construindo o modelo matemático; por outro lado a atividade exploratória de modelagem consiste na análise de um modelo já concebido, ao(à) estudante cabe apenas fazer a manipulação de um modelo em estudo.

Neste trabalho propomos duas atividades didáticas para o ensino do Movimento Harmônico Simples (MHS) através da modelagem computacional utilizando o *software Modellus*<sup>†</sup> para serem aplicadas em turmas no 2º ano do Ensino Médio. Estas atividades são de natureza exploratória.

A escolha do MHS se deve ao fato de fenômenos oscilatórios estarem bastante presentes no cotidiano escolar do estudante, seja no estudo da força elástica ou na análise de circuitos.

Objetivamos que com estas atividades os estudantes compreendam e aprendam conceitos associados aos modelos matemáticos em estudo sem precisarem recorrer a macetes.

## **A DIFICULDADE EM COMPREENDER O SIGNIFICADO DA MATEMÁTICA NA FÍSICA**

Se proferirmos o seguinte questionamento a um(a) professor(a) de Física: Qual a principal dificuldade dos alunos ao estudarem Física? Na maioria dos casos a resposta mais citada será: Eles não têm um bom domínio da Matemática. É comum que professores de Física atribuam à Matemática o papel de “desafeto” da aprendizagem deste componente curricular. Conforme Pietrocola (2002, p. 90) “para muitos, uma boa base Matemática nos anos que antecedem o ensino da Física é garantia de sucesso no aprendizado”. Em muitos casos quando a classe tem um nível acentuado de deficiência em Matemática, o(a) professor(a) de Física tem que ministrar uma revisão de Matemática para depois começar a ensinar algum conteúdo de Física (CARVALHO JÚNIOR, 2011).

---

<sup>†</sup> O Modellus é um software educacional arquitetado por Vitor Duarte Teodoro com a colaboração de João Paulo Duque e Felipe Costa Clérigo – Faculty of Sciences and Technology – Nova University Lisbon, Lisboa-Portugal. – página do autor: <http://phoenix.sce.fct.unl.pt/modellus/>

Do outro lado da moeda os estudantes também costumam atribuir à Matemática sua falta de interesse (ou dificuldade) em estudar Física; não são raros comentários do tipo:

“A maior dificuldade é em relação o conhecimento das fórmulas, ou seja, a ‘decoreba’, por não conseguir memorizá-las”.

“Há uma certa dificuldade na realização de exercícios que utilizam várias fórmulas para chegar no resultado da questão”.

“Todos os assuntos que tenham uso prático e que possa ser usado no dia-a-dia. Menos os cálculos que são muito chatos e as fórmulas muito complicadas que, na verdade, é só pura matemática” (MENEGOTTO; ROCHA FILHO, 2008, p. 303 - 304).

Ciente de que na sala de aula poucos estudantes têm o domínio necessário para compreender o significado físico de determinadas equações, docentes costumam utilizar jargões que colaboram para atrofiar a visão dos estudantes em relação ao componente curricular de Física. Por exemplo, é comum que ao lecionarem, cinemática alguns docentes utilizarem termos como vovô é ateu para função horária da velocidade ( $v = v_0 + at$ ) no movimento uniformemente variado e/ou sorvete para função horária da posição ( $s = s_0 + vt$ ) do movimento uniforme dentre tantos outros, entretanto, estes macetes são pouco presentes no ensino do MHS.

De acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs):

A Física expressa relações entre grandezas através de fórmulas, cujo significado pode também ser apresentado em gráficos. Utiliza medidas e dados, desenvolvendo uma maneira própria de lidar com os mesmos, através de tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Mas todas essas formas são apenas a expressão de um saber conceitual, cujo significado é mais abrangente. Assim, para dominar a linguagem da Física é necessário ser capaz de ler e traduzir uma forma de expressão em outra, discursiva, através de um gráfico ou de uma expressão matemática, aprendendo a escolher a linguagem mais adequada a cada caso. (BRASIL, 1999, p. 27.)

E a não compreensão disto faz com que a Física, em muitos casos, seja vista apenas como uma extensão da Matemática tornando seu ensino acrítico e mecânico; conseqüentemente o(a) estudante torna-se apenas um agente passivo no processo de ensino e aprendizagem, sem ter outra visão que não seja a “decoreba” de equações para resolução de exercícios desconexos de sua realidade. É preciso que além de dominar tópicos de Matemática o(a) discente compreenda o real significado de uma equação matemática para Física. Para Pietrocola (2002, p. 105) “a Matemática se constitui numa linguagem dentre várias outras linguagens a nossa disposição para estruturar nosso pensamento”. Complementado a linha de pensamento de Pietrocola, Caldeira (2009, p. 49) diz que “a Matemática é um elo que nos une e continua sendo Matemática nos mais diferentes lugares deste planeta e em diferentes épocas”. Um meio salutar para que este elo continue unido e

possibilite aos estudantes interpretarem os diversos contextos da Matemática na Física são as atividades de modelagem/simulação computacional; estas lhes possibilitam interagir com o modelo matemático em questão de modo ativo, o que torna mais evidente para os estudantes a diferença entre a Matemática como disciplina específica e o seu papel na aprendizagem de conceitos físicos.

## **MODELAGEM COMPUTACIONAL NO ENSINO DE FÍSICA**

Pensar o mundo em que vivemos é pensar em modelos, e são diversos tipos no nosso dia a dia; o modelo político-econômico define os rumos organizacionais de um país, o modelo social ditará os costumes vivenciais de uma localidade, assim como os modelos científicos nos fornecem explicações sobre os fenômenos que cercam nosso universo. Enfim, os modelos fazem parte de nosso cotidiano, e querendo ou não, dependemos deles para vivermos e evoluirmos.

Algo que é comum aos modelos é a sua mutabilidade, ou seja, eles estão sempre se adaptando, seja por aperfeiçoamento ou inviabilidade diante de um contexto específico. Por exemplo, um país pode estar seguindo um modelo onde o estado não se responsabiliza pela garantia de direitos básicos à sua população, mas, para combater a desigualdade gerada por sua ausência resolve adotar um modelo que lhe permita dar à população miserável acesso aos seus direitos fundamentais.

Independentemente do tipo de modelo, o processo de concepção e aperfeiçoamento de um modelo é denominado modelagem.

No caso específico de um modelo científico, “o cientista é “livre” para decidir o que considera ser essencial e para ignorar o que lhe parece irrelevante na descrição dos fatos” (BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2010, p. 16.). Deste modo, conforme Bunge:

“O processo de modelagem científica é, antes de tudo, um processo de busca por respostas. Assim, os cientistas produzem conhecimento científico formulando questões claras e imaginando modelos conceituais das coisas.” (BUNGE, 1974 apud BRANDÃO; ARAÚJO; VEIT, 2010, p. 17)

No tocante à construção do conhecimento científico e no ensino destes, Moreira afirma que:

...no ensino de ciências essa construção é ignorada. As teorias e modelos científicos são ensinados como verdades, como "descobertas geniais", como definitivos, acabados. O professores de ciência normalmente aceitam que o aluno é um construtor de seu próprio conhecimento e procuram fazer a mediação necessária para

a reconstrução interna de conhecimentos científicos externamente construídos. Mas não apresentam estes conhecimentos como construções científicas. *Este é um grande problema de ensino de ciências: ensina-se ciências sem uma concepção do que é ciência.* Um paradoxo (MOREIRA, 2014, p. 2).

Conforme Novak:

Este tipo de aprendizagem pouco ou nada contribui para a formação científica, pois o que é aprendido por memorização é facilmente esquecido, têm poucas relações com a experiência, além de não propiciar algum tipo de poder ou controle sobre o que foi aprendido. (NOVAK 2000, apud SANTAROSA, 2013, p. 215)

Deste modo as atividades de modelagem apesar de muitas vezes poderem causar certo desconforto no estudante, são importantes para que ele saia de sua zona de conforto e trabalhe sua criatividade, tornando-o partícipe na construção de seu próprio conhecimento.

Pode-se trabalhar com diversos tipos de atividade de modelagem no ensino de Física, especificamente, neste rol de atividades podemos citar as que envolvem experimentação, as de modelagem matemática e as de modelagem computacional.

Nesta última, é possível fazer uma convergência da modelagem matemática com atividades experimentais, desta forma o estudante terá uma visão mais abrangente do modelo em estudo, pois conforme Karam e Pietrocola (2009, p. 182), “a Física é uma ciência que elabora modelos da realidade, os quais costumam ser altamente matematizados, e os confrontam com os resultados obtidos em seus experimentos”. Ademais, conforme Medeiros e Medeiros (2002), as atividades de modelagem computacional podem trazer consigo os seguintes benefícios:

- reduzir o ruído cognitivo de modo que os estudantes possam concentrar-se nos conceitos envolvidos nos experimentos;
- fornecer um *feedback* para aperfeiçoar a compreensão dos conceitos;
- permitir aos estudantes coletarem uma grande quantidade de dados rapidamente;
- permitir aos estudantes gerarem e testarem hipóteses;
- engajar os estudantes em tarefas com alto nível de interatividade;
- envolver os estudantes em atividades que explicitem a natureza da pesquisa científica;
- apresentar uma versão simplificada da realidade pela destilação de conceitos abstratos em seus mais importantes elementos;
- tornar conceitos abstratos mais concretos;
- reduzir a ambiguidade e ajudar a identificar relacionamentos de causas e efeitos em sistemas complexos;
- servir como uma preparação inicial para ajudar na compreensão de um laboratório
- desenvolver habilidades de resolução de problemas;
- promover habilidades do raciocínio crítico;
- fomentar uma compreensão mais profunda dos fenômenos físicos;
- auxiliar os estudantes a aprenderem sobre o mundo natural, vendo e interagindo com os modelos científicos subjacentes que não poderiam ser inferidos através da observação direta;
- acentuar a formação dos conceitos e promover a mudança conceitual. (MEDEIROS; MEDEIROS 2002, p. 80).

Com as atividades de modelagem computacional é possível se trabalhar com atividades de interpretação de gráficos de cinemática (ARAÚJO; VEIT; MOREIRA, 2012), circuitos elétricos simples (DORNELLES; ARAÚJO; VEIT, 2006), segunda lei de Newton (VEIT; MORS; TEODORO, 2002) dentre muitos outros conceitos físicos. Entretanto é preciso ter certo cuidado ao se trabalhar com este tipo de atividade, pois, apesar dos benefícios citados anteriormente, Medeiros e Medeiros (2002, p. 83) afirmam que “muitos estudantes tendem a ver os programas computacionais que utilizam na aprendizagem da Física com poderes quase mágicos e como verdadeiras caixas pretas”.

Deste modo, de acordo com Brandão, Araújo e Veit (2010, p. 39):

“Assim, ao trabalharmos com modelos computacionais devemos estar atentos para os seguintes aspectos: **a)** os resultados gerados pelo modelo computacional podem estar de acordo com os gerados pelo modelo teórico correspondente e, mesmo assim, não coincidirem com os fatos reais; e **b)** o modelo teórico que fundamenta o modelo computacional, apesar de adequar-se aos dados empíricos, pode ter sido mal implementado.”

Nota-se que é preciso que o docente faça uma diferenciação entre os modelos científicos em estudo e a realidade, pois nem sempre um modelo irá corresponder à realidade dos fatos.

## **APRESENTAÇÃO DA PROPOSTA DE ATIVIDADES DIDÁTICAS**

A presente proposta consiste de duas atividades de modelagem computacional direcionadas para aplicação em turmas do 2º ano do Ensino Médio. Estas atividades serão desenvolvidas no *software Modellus*. Cada atividade é composta por um questionário que tem por objetivo levar o estudante a explorar o modelo matemático (computacional) de uma forma mais analítica para assim “conectar” os conceitos envolvidos em cada modelo em estudo.

### **ATIVIDADE 1**

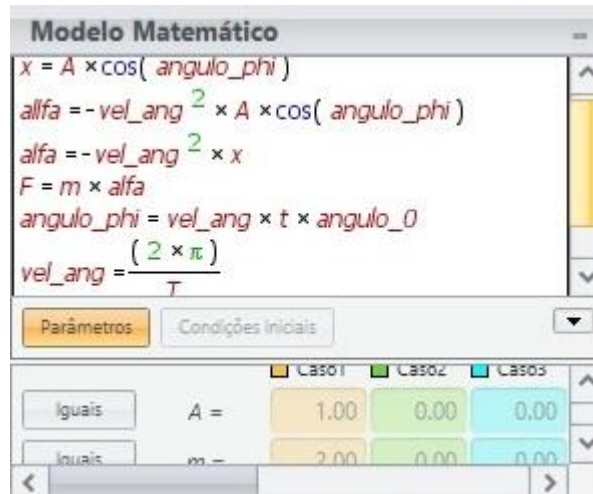
**Modelo:** Força no MHS

Esta atividade consiste na modelagem da força no MHS através do *Modellus*. Para que a dinâmica desta atividade seja a mais eficiente possível é preciso que o(a) estudante interaja



com o modelo fazendo as possíveis modificações quando for solicitado pelo(a) docente. O modelo utilizado nesta atividade está representado na figura abaixo.

Figura 1: Modelo matemático da força no MHS



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No *Modellus*  $x = A \cos(\text{angulo\_phi})$  equivale a  $x = A \cos \varphi$ , onde  $x$  representa o deslocamento da partícula,  $A$  a amplitude,  $\varphi$  é (*angulo\_phi*); Em  $\text{alfa} = -\text{vel\_ang}^2 \times A \cos(\text{angulo\_phi})$  temos que  $\text{vel\_ang}^2$  equivale a  $\omega^2$ ;  $F = m \times \text{alfa}$  é  $F = m \alpha$ ;  $\text{angulo\_phi} = \text{vel\_ang} \times t \times \text{angulo\_0}$  representa  $\varphi = (\omega t)\theta$  e  $\text{vel\_ang} = \frac{(2 \times \pi)}{T}$  é o equivalente de  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

### O início da atividade

Após a apresentação do *Modellus* e o trabalho com exemplos de modelos (os de cinemática são os mais comuns e podem ser encontrados na internet), o(a) docente deverá solicitar aos estudantes que reproduzam o seu modelo, tendo como base o modelo apresentado na Figura 1; em seguida se poderá iniciar a modelagem da força. O desenvolvimento desta atividade será norteados pelos seguintes questionamentos.

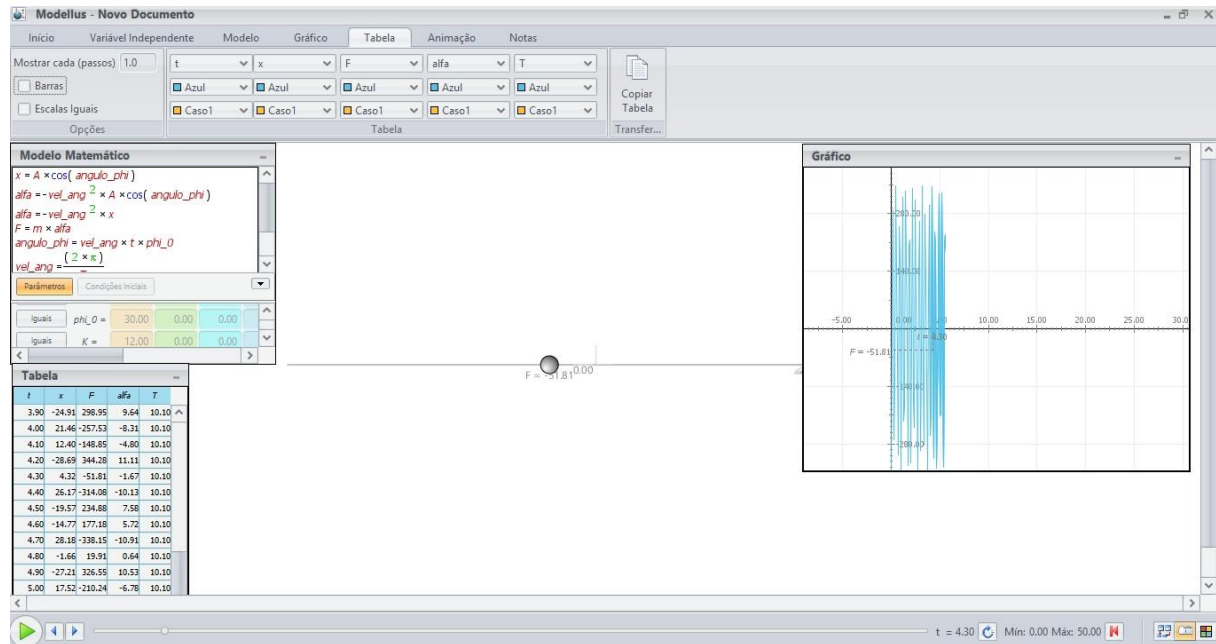
#### a) A força que atua neste corpo é a resultante ou a restauradora?

Já estudado o conceito de força resultante em aulas anteriores (no primeiro ano do Ensino Médio), este questionamento servirá como base para que o(a) docente possa

iniciar os questionamentos posteriores. Buscamos com esta pergunta que os(as) estudantes consigam associar o conceito de força resultante com o de força restauradora, ou seja, que a força resultante que atua em um corpo em MHS é correspondente à força restauradora.

Na Figura 2, apresentamos a execução da atividade na tela de trabalho do *Modellus*.

Figura 2: Execução da atividade 1



Fonte: Elaborado pelo Autor

**b) O que acontece com a força se aumentarmos ou diminuirmos a massa da partícula?**

Para se responder esta pergunta será necessário que o(a) docente solicite ao(a) estudante que na aba do modelo matemático ele(a) faça alterações nos valores do parâmetro “massa” ( $m$ ). É aconselhável que o(a) estudante comece de forma crescente a aumentar o valor da massa, também é possível iniciar este processo de forma decrescente. Espera-se que assim o(a) estudante consiga fazer uma relação entre o acréscimo/decrécimo de massa com o aumento ou diminuição da força resultante que atua em um corpo que executa um MHS.

**c) Analisando o movimento da partícula, que análise da força você faria quando a partícula encontra-se nos pontos  $x < 0$  e  $x > 0$ ?**

Para responder esta questão o/a estudante, deverá primeiro analisar o movimento da partícula em MHS ao longo da trajetória, após esta análise ele deverá fazer uma comparação entre a tabela (Figura 3) e o movimento da partícula. Com isto, objetiva-se que o(a) estudante consiga notar que quando  $x < 0$  a força resultante é positiva e quando  $x > 0$  a força será negativa.

Figura 3: Modelo de tabela para análise da questão c.

Tabela					
t	x	F	alfa	T	
0.00	29.00	-348.00	-11.23	10.10	^
0.10	-8.45	101.42	3.27	10.10	
0.20	-24.07	288.89	9.32	10.10	
0.30	22.48	-269.80	-8.70	10.10	
0.40	10.97	-131.64	-4.25	10.10	
0.50	-28.88	346.52	11.18	10.10	
0.60	5.86	-70.33	-2.27	10.10	
0.70	25.46	-305.53	-9.86	10.10	
0.80	-20.70	248.41	8.01	10.10	
0.90	-13.40	160.74	5.19	10.10	
1.00	28.51	-342.10	-11.04	10.10	
1.10	-3.22	38.65	1.25	10.10	
1.20	-26.63	319.57	10.31	10.10	
1.30	18.74	-224.91	-7.26	10.10	v

Fonte: Elaborado pelo Autor

**d) Com relação à questão anterior, explique por que este fato acontece?**

Com esta pergunta, busca-se fazer com que os estudantes, através de uma análise em todos os itens do modelo matemático, tabela, movimento da partícula e o gráfico (conforme Figura 2), se for necessário, consiga compreender que isto se deve ao fato de que a força é do tipo restauradora  $F = -m\omega^2x$  (HALLIDAY; RESNICK; WALKER).

**e) Variando o ângulo  $\varphi$  ( $phi_0$ ), o que acontece com a força?**

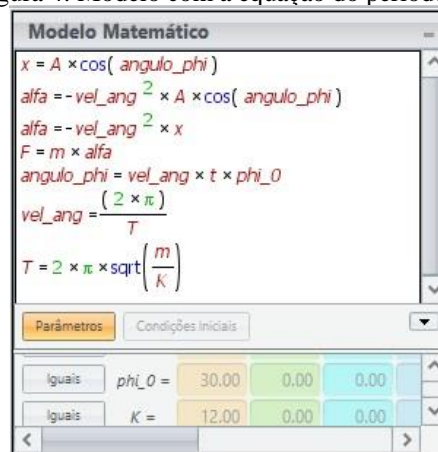
É preferível que o(a) docente instrua os estudantes a variarem o ângulo  $\varphi$  ( $phi_0$ ) em ordem crescente, pois assim os(as) estudantes terão uma melhor percepção do acréscimo de força a medida que o ângulo aumenta. Após este momento o(a) docente terá que questionar aos(as) estudantes se eles conseguem perceber isto graficamente, tendo como ponto de análise o apresentado na Figura 2.

**f) Na aba “modelo matemático”, insira a seguinte equação  $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{K}}$  (no modells esta expressão será escrita da seguinte forma;  $T = sqrt( 2 x pi x (m/K))$ ), e execute o seguinte comando: mantenha  $K$  fixo e varie a massa ( $m$ ) do corpo. Qual é a sua avaliação em relação ao período de oscilação do corpo ( $T$ )?**

Nesta etapa o(a) estudante deve ser capaz de concluir que mantendo  $K$  fixo e aumentando  $m$ , maior será o seu período de oscilação, e que conseqüentemente se terá uma diminuição no valor da aceleração angular  $\alpha$  (no *Modellus*, *alfa*). O(a) docente também pode lhes propor que mantenham a massa  $m$  fixa e varie a constante  $K$ . É interessante a divisão da turma em dois grupos para a execução desta tarefa, onde, um ficará responsável por manter  $K$  fixo e variar a massa e o outro o oposto, em seguida o(a) docente deverá instigar os estudantes a fazer comparações entre os dois resultados.

Na Figura 4, apresentamos o modelo com a equação do período escrita no *software Modellus*.

Figura 4: Modelo com a equação do período.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No *Modellus* a expressão  $T = 2 \pi \sqrt{\frac{m}{K}}$  equivale a  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$  (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, p.90).

## ATIVIDADE 2

### Modelo: Pêndulo simples

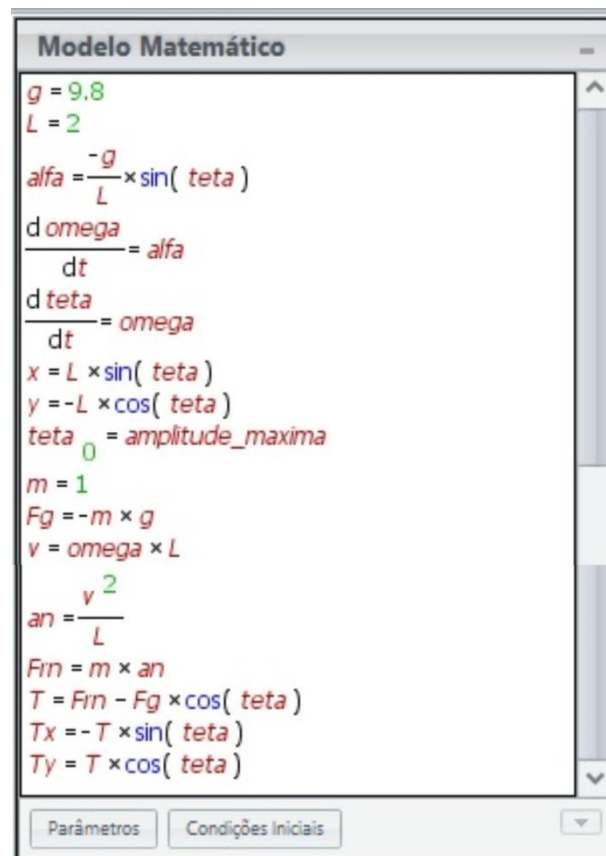
Nesta segunda atividade será estudado o caso do pêndulo simples, com metodologia igual à da atividade anterior, todavia, o(a) docente terá que fazer algumas considerações a cerca do modelo, pois, será trabalhado o conceito de derivada. Então caberá ao(a) docente abrir um “parêntese” nesta etapa da modelagem; para fins didáticos ele(a) explicará aos estudantes que  $\frac{d\omega}{dt}$  e  $\frac{d\theta}{dt}$  (no *modellus* escritos como  $\frac{domega}{dt}$  e  $\frac{dteta}{dt}$  respectivamente) são

equivalentes a  $\frac{\Delta\omega}{dt}$  e  $\frac{\Delta\theta}{dt}$ , tendo em mente que o alunado, neste nível acadêmico, não estuda os conceitos de cálculo diferencial.

### Início da atividade

Inicialmente após as considerações sobre o modelo feitas pelo(a) docente, os estudantes terão que encontrar a expressão do modelo matemático manualmente, ou seja, através de um diagrama de corpo livre eles têm que obter as expressões para o movimento do pêndulo simples. Após esta atividade os discentes farão a modelagem no *Modellus*, conforme ilustra a Figura 5.

Figura 5: Modelo matemático do pêndulo simples.



Fonte: Elaborado pelo Autor.

No *Modellus*  $alfa = \frac{-g}{L} \times \sin(teta)$  equivale a  $\alpha = -\frac{g}{L} \text{sen}\theta$ ;  $\frac{d\omega}{dt} = alfa$ ,  $\frac{d\omega}{dt} = \alpha$ ;  $\frac{dteta}{dt} = \omega$ ,  $\frac{d\theta}{dt} = \omega$ ;  $x = L \times \sin(teta)$ ,  $x = L \text{sen}\theta$ ;  $y = L \times \cos(teta)$ ,  $y = L \text{cos}\theta$ ;  $teta = amplitude\_maxima$ ,  $\theta = A_{max}$ ;  $Fg = -m \times g$ ,  $Fg = -mg$ ;  $v =$

$\omega \times L$ ,  $v = \omega L$ ;  $a_n = \frac{v^2}{L}$ ,  $a_n = \frac{v^2}{L}$ ;  $F_{rn} = m \times a_n$ ,  $F_{rn} = m a_n$ ;  $T = F_{rn} - F_g \times \cos(\theta)$ ,  $T = F_{rn} - F_g \cos\theta$ ;  $T_x = T \times \sin(\theta)$ ,  $T_x = T \sin\theta$ ;  $T_y = T \times \cos(\theta)$ ,  $T_y = T \cos\theta$  (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2009).

Esta atividade será norteada pelos questionamentos apresentados na sequência.

- a) Na aba modelo insira a seguinte equação:  $Q = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$  (usamos Q para o período de oscilação pois, nesta atividade T equivale a tensão do fio, que no modélus é escrita da seguinte forma;  $T = \text{sqrt}[2 \times \pi \times (L/g)]$ ), e varie a amplitude máxima e a massa do corpo. Qual o seu ponto de vista sobre o período de oscilação?

Espera-se que o(a) estudante consiga perceber que para pequenas amplitudes o período independe da massa e da amplitude, dependendo apenas do comprimento do fio e da aceleração da gravidade no local. Para que os estudantes tenham uma percepção maior sobre isto, o/a docente solicitará a eles que insira o item Q na aba tabela (Figura 6).

- b) Analisando o movimento do pêndulo na simulação, você consegue ver a direção da força resultante (restauradora)?

Nesta questão os discentes têm que concluir que a direção da força resultante é a mesma do movimento pêndulo. Para que isto fique mais claro, o (a) docente terá que lhes solicitar que a achem através da soma de vetores.

Figura 6: Análise do período de oscilação, questão a: a e b com m e L constantes e aumento da amplitude, c aumento de m e L com amplitude constante.

a					b					c				
Q	m	g	L	Altude_max	Q	m	g	L	Altude_max	Q	m	g	L	Altude_max
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70
1.13	1.00	9.80	2.00	0.33	1.13	1.00	9.80	2.00	0.70	1.39	2.00	9.80	3.00	0.70

Fonte: Elaborado pelo Autor

**c) Com relação a aceleração angular (*alfa*), o que você observa ao aumentar ou diminuir o valor da amplitude máxima?**

Para responder esta questão os(as) estudantes terão que fazer uma análise na aba tabela (Figura 7) e observar o comportamento da aceleração angular toda vez que se aumenta ou diminui o valor da amplitude máxima. E devem chegar à conclusão de que quanto maior ou menor a amplitude maior ou menor será a aceleração angular.

Figura 7: Análise da aceleração angular

alfa	m	g	L	amplitude_max
-1.06	2.00	9.80	3.00	0.33
-1.05	2.00	9.80	3.00	0.33
-1.04	2.00	9.80	3.00	0.33
-1.02	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.99	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.96	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.91	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.86	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.80	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.74	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.67	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.59	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.51	2.00	9.80	3.00	0.33
-0.42	2.00	9.80	3.00	0.33

alfa	m	g	L	amplitude_max
-2.27	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.27	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.25	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.21	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.17	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.10	2.00	9.80	3.00	0.77
-2.03	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.94	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.83	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.70	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.57	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.41	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.24	2.00	9.80	3.00	0.77
-1.06	2.00	9.80	3.00	0.77

Fonte: Elaborado pelo Autor

**d) Se aumentarmos a massa do corpo, teremos algum aumento na aceleração angular?**

Nesta questão espera-se que os estudantes percebam que independente da massa do corpo a aceleração angular depende apenas do comprimento do fio em questão.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentamos uma proposta com duas atividades didáticas de modelagem computacional no *software Modellus* para o estudo do movimento harmônico simples tendo como foco principal turmas do segundo ano do Ensino Médio. Sugerimos que esta atividade seja realizada após o estudo teórico do MHS, pois assim os estudantes terão mais facilidade na execução e compreensão dos conteúdos explorados. Apesar destas atividades ficarem atreladas apenas a modelagem computacional, elas também pode ser aplicadas junto a uma atividade experimental, principalmente a atividade 2. No que concerne a aprendizagem é esperado que os estudantes consigam compreender os conceitos físicos

presentes nos modelos matemáticos sem ficarem presos a vaga noção de que a equação está lá não apenas por uma necessidade de validar os resultados, mas sim porque ela é integrante na estruturação e formalização dos conceitos físicos.

## ABSTRACT

In this work we present a proposal of didactic activities, based on the use of exploratory computational modeling for teaching the physics of simple harmonic motion (MHS) in classes of the 2nd year of high school. We intend that with the accomplishment of these activities students will understand the concepts of Physics that are structured through the mathematical models presented in the proposal.

**Keywords:** Didactic activities, Computational modeling, MHS.



## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, IVES SOLANO.; VEIT, ELIANE ANGELA.; MOREIRA, MARCO ANTONIO. Modelos computacionais no ensino-aprendizagem de física: um referencial de trabalho. **Investigações em Ensino de Ciências**, V17(2), p. 341-366, 2012.
- BRANDÃO, RAFAEL VASQUES.; ARAÚJO, IVES SOLANO.; VEIT, ELIANE ANGELA. **Introdução à modelagem científica**. Porto Alegre: UFRGS, Instituto de Física, 2010.
- BRASIL, Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília (1999). Disponível em [www.mec.gov.br](http://www.mec.gov.br). Acesso em outubro de 2017.
- CALDEIRA, ADEMIR DONIZETI. Modelagem Matemática: um outro olhar. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, 2009.
- CARVALHO JÚNIOR, GABRIEL DIAS DE. **Aula de física, do planejamento à avaliação**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2011.
- DORNELES, PEDRO. F. T.; ARAÚJO, IVES SOLANO.; VEIT, ELIANE ANGELA. Simulação e modelagem computacionais no auxílio à aprendizagem significativa de conceitos básicos de eletricidade: Parte I – circuitos elétricos simples. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, 2006.
- FIOLHAIS, CARLOS.; TRINDADE, JORGE. Física no computador: O computador como uma ferramenta no ensino e aprendizagem das ciências físicas. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, 2003.
- HALLIDAY, DAVID.; RESNICK, ROBERT.; WALKER, JEARL. **Fundamentos de Física, volume 2: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**. Tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. cap. 15, p. 87-104.
- KARAM, RICARDO AVELAR SOTOMAIOR.; PIETROCOLA, MAURÍCIO. Habilidades Técnicas Versus Habilidades Estruturantes: Resolução de Problemas e o Papel da Matemática como Estruturante do Pensamento Físico. **ALEXANDRIA Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v.2, n.2, 2009.
- MEDEIROS, ALEXANDRE.; MEDEIROS, CLEIDE FARIAS DE. Possibilidades e Limitações das Simulações Computacionais no Ensino da Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 24, n. 2, Junho, 2002.
- MENEGOTTO, JOSÉ CARLOS.; ROCHA FILHO, JOÃO BERNARDES DA. Atitudes de estudantes do ensino médio em relação à disciplina de Física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7 n. 2, 2008.
- MOREIRA, MARCO ANTONIO. Modelos científicos, modelos mentais, modelagem computacional e modelagem matemática: aspectos epistemológicos e implicações para o ensino. **Revista Brasileira de Ensino de Ciências e Tecnologia**, v. 7, n. 2, 2014.

OLIVEIRA, HUMBERTO DA SILVA.; FREIRE, MORGANA LÍGIA DE FARIAS. O computador e o ensino de física: simulação e modelagem computacional. **Revista Compartilhando Saberes**, v. 1, n. 1, 2014.

PIETROCOLA, MAURÍCIO. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v.19, n.1, 2002.

SANTAROSA, MARIA CECÍLIA PEREIRA. Os lugares da matemática na física e suas dificuldades contextuais: implicações para um sistema de ensino integrado. **Investigações em Ensino de Ciências**, V18(1), pp. 215-235, 2013.

VEIT, E. A.; MORS, P. M.; TEODORO, V. D. Ilustrando a Segunda Lei de Newton no Século XXI. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 24, n. 2, 2002.