



Ministério da Educação – Brasil  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri – UFVJM  
Minas Gerais – Brasil  
Revista Vozes dos Vales: Publicações Acadêmicas  
Reg.: 120.2.095 – 2011 – UFVJM  
ISSN: 2238-6424  
QUALIS/CAPES – LATINDEX  
Nº. 11 – Ano VI – 05/2017  
<http://www.ufvjm.edu.br/vozes>

## **O Laboratório Virtual como espaço para aprendizagem de conteúdo da análise dimensional – um relato de experiência do uso do GeoGebra no ensino de física**

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Deborah Faragó Jardim  
Doutora em Física pela Universidade Federal do Espírito Santo  
Docente da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM  
Teófilo Otoni - MG - Brasil  
<http://lattes.cnpq.br/7626923298872191>  
E-mail: [dfjardim@gmail.com](mailto:dfjardim@gmail.com)

Marcela Martins Pereira  
Discente do curso de Engenharia de Produção  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
<http://lattes.cnpq.br/7628477131867434>

Eduardo Antônio Soares Júnior  
Discente do curso de Ciência e Tecnologia  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
<http://lattes.cnpq.br/3019079773531348>

Thâmara Vieira Nepomucena  
Discente do curso de Ciência e Tecnologia  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
<http://lattes.cnpq.br/0749470696531423>

Thaís Rodrigues Pinheiro  
Discente do curso de Ciência e Tecnologia  
Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri  
<http://lattes.cnpq.br/4715805004146142>

**Resumo:** O presente artigo pretende discutir o uso de um laboratório virtual construído no *software* GeoGebra para obter a dependência do período de oscilação de um pêndulo simples e escrever a expressão usando a técnica da análise dimensional. O desenvolvimento desse modelo foi baseado no processo da transposição didática. Os resultados mostraram que o uso da simulação pode ser bastante eficiente se conjugada com a prática no laboratório real, servindo de estímulo e melhorando a qualidade do ensino, especialmente para turmas muito numerosas. Observou-se também que existe uma falta de interesse por parte de alguns estudantes, tanto com respeito ao curso quanto à disciplina, que contribuem com o desânimo e conseqüente reprovação.

**Palavras-chave:** Laboratório Virtual; Análise Dimensional; Pêndulo Simples; GeoGebra.

## Introdução

O uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TIC's), especialmente no espaço educacional, vem sendo objeto de estudo para diversos pesquisadores (OLIVEIRA & DOMINGOS, 2008). Os Laboratórios Virtuais (LV), desenvolvidos em diferentes plataformas e muitas vezes disponíveis gratuitamente na rede mundial de computadores, tem sido utilizados por muitos docentes em suas aulas de física, química e matemática, com diferentes propósitos (OTSUKA, 2015; MENDES & MORAES, 2012), inclusive o de agregar maior valor ao ensino já que complementam o conteúdo abordado na sala de aula por meio de atividades de simulação.

O laboratório virtual, definido na próxima Seção, faz parte dos laboratórios didáticos tanto quanto o laboratório presencial. As atividades práticas realizadas nos laboratórios, nesse contexto, devem ter por finalidade primeira auxiliar na aprendizagem de conceitos vistos nas aulas teóricas, ou mesmo para auxiliar na construção de tais conceitos por meio de aulas práticas de demonstração. A forma como se trabalha certo conteúdo em atividades experimentais pode conduzir o aluno a observar exclusivamente a questão do método experimental, o que pode ser interessante, mas aqui não deve ser o objetivo principal. Mas, as atividades no laboratório didático podem ser entendidas como o objeto que conduz, pautado no processo de transposição didática, o “saber sábio” em “saber a ensinar”. Alves Filho (2000) faz uma análise, utilizando a transposição didática e suas respectivas regras, do uso do laboratório didático no ensino de física.

A Transposição Didática (TD) pode ser entendida como um processo que, conforme afirma Chevallard (1991), proporciona a roupagem didática ao conteúdo explorado pelo docente, de modo que os conceitos tidos como abstratos e difíceis sejam compreendidos pelos estudantes. O processo da TD, para o caso aqui discutido, é representado pelo uso do laboratório virtual por meio da simulação, onde os conceitos são construídos pelos estudantes tendo o docente como mediador. A atividade que será tratada nesse artigo refere-se ao uso de um pêndulo virtual para a obtenção da equação que determina seu período de oscilação, usando para isso conhecimentos da análise dimensional.

A técnica da Análise Dimensional (AD) é pouco conhecida no ensino médio e mesmo no superior, ainda que em cursos da área das ciências exatas, como as engenharias, que necessitam com maior frequência de aulas experimentais. A origem, importância e aplicabilidade da AD podem ser encontradas em trabalhos já publicados, como o de Martins (2004).

No curso de Ciência e Tecnologia (C&T) da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM) - *campus* Mucuri, a AD é tratada na unidade curricular Fenômenos Mecânicos (FM), como forma de estimular os estudantes a valorizarem o método experimental, de mostrar a forma empírica de se obter as dependências entre as grandezas físicas, de construir certos conceitos, entre outras coisas. Essa unidade curricular abrange conhecimentos de física, especificamente de mecânica básica, sendo denominada em outras universidades de Física I, Fundamentos de Mecânica, Física Geral I, Física Mecânica entre outras.

Esse trabalho teve o apoio do Grupo de Estudos em *Softwares* no Ensino e Pesquisa (GESE) do *campus* de Teófilo Otoni da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri (UFVJM/TO). Esse grupo iniciou uma série de estudos a respeito do uso eficiente das TIC's em aulas de física e matemática e que pudessem ser utilizadas no curso de C&T da UFVJM/TO. Desde o ano de 2012 o GESE vem utilizando *softwares* livres e dando suporte às disciplinas de Álgebra Linear (AL) e Funções de Uma Variável (FUV), com resultados interessantes (JARDIM, 2012a; SILVA, 2015; SILVA, 2016a; SILVA, 2016b).

Neste artigo pretende-se relatar a experiência do uso do *software* GeoGebra como um laboratório didático na obtenção da relação matemática do período de oscilação do pêndulo, por meio da análise dimensional, numa sequência de

atividades realizadas por alunos em 2015 e 2016. Essa prática pode ser realizada facilmente com a utilização de um pêndulo real, mas torna-se inviável frente a problemas de limitações de tempo de aula considerando o número elevado de alunos na turma. Os resultados mostraram que o pêndulo virtual se constituiu num LV, tornando mais atraente e eficiente o estudo do conteúdo de AD, na obtenção da equação do período de oscilação do pêndulo.

## **1. O Laboratório Virtual como espaço de Aprendizagem**

São várias as razões que justificam a utilização de simulação ou modelagem, com o recurso de TIC's, no curso de C&T da UFVJM/TO. Possivelmente a maior delas é o fato de se trabalhar com turmas bastante numerosas onde as aulas práticas devem ocorrer para grupos menores, devendo, portanto, dividir-se a turma em 3 ou 4 grupos de 15 ou 20 alunos.

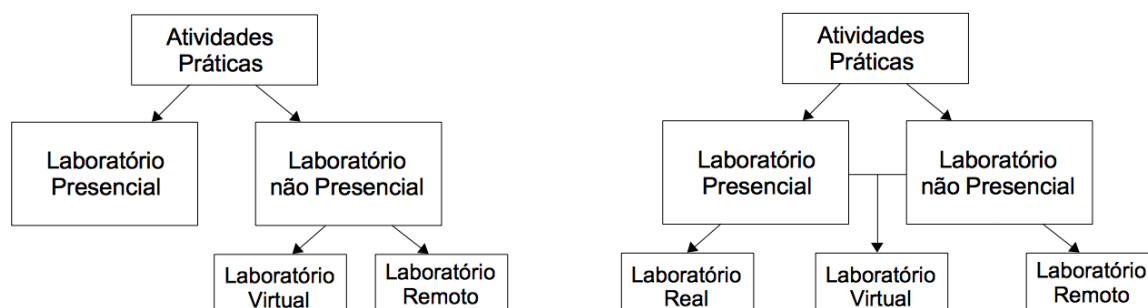
Nesse cenário, considerando que certas atividades experimentais precisam ocorrer respeitando-se um tempo mínimo de observação, repetição, avaliação das hipóteses etc, para que os estudantes atinjam os objetivos almejados pelo docente, pode-se concluir que trata-se de tarefa bastante desafiadora para o docente. Além do fator tempo, alguns experimentos, quando feitos em grupos de 4, 5 ou 6 alunos, fazem com que poucos do grupo trabalhem efetivamente e outros apenas aguardem, sem nenhuma possibilidade de reflexão, de análise, de investigação. Nesse caso, a atividade perde o sentido primeiro e serve apenas para cumprir as exigências de Projetos Pedagógicos dos cursos.

### **1.1 Os modelos de laboratórios didáticos**

Neste trabalho serão considerados como modelos de laboratório aqueles descritos por Schimidt & Tarouco (2008) e discutidos em Amaral *et al.* (2011), denominados por presenciais, remotos e virtuais, porém com pequeno ajuste no entendimento do LV, que Amaral *et al.* (2011) define apenas como presencial.

Na Figura 1.a procuramos apresentar graficamente uma adaptação da estruturação dos laboratórios, conforme as definições dadas pelos autores citados acima. Em 1.b foi feita uma readaptação do entendimento de laboratório virtual, de modo que este possa funcionar de forma presencial ou não presencial. No nosso

entendimento, um Laboratório Presencial (LP) pode ser do tipo real ou virtual. Não faz parte do escopo deste trabalho discutir os laboratórios não presenciais, mas apenas os laboratórios presenciais, sejam eles do tipo virtual ou real.



**Figura 1:** Representação dos espaços definidos para a realização das atividades práticas. Em (a) a imagem foi adaptada de Amaral (2011) e em (b) é uma readaptação do GESE. Fonte: GESE (2016)

O Laboratório Real (LR) é entendido aqui como o espaço físico preparado para a realização das atividades experimentais, com a disponibilidade dos recursos materiais e os respectivos artefatos necessários para a prática. Por outro lado, o Laboratório Virtual (LV) é um espaço virtual construído sob plataformas digitais para a realização de atividades experimentais de simulação, reproduzindo situações práticas feitas num laboratório real ou modelos baseados em observações de fenômenos da natureza. Se for do tipo “presencial”, o LV deverá funcionar num ambiente equipado com computadores para o procedimento das simulações que se deseja explorar, em geral sob a coordenação do docente ou de monitores.

O desenvolvimento de plataformas digitais para utilização em atividades de ensino pode ser um grande aliado, especialmente para os professores de física em suas atividades práticas. Isso poderia suavizar a metodologia de ensino padrão no que se refere ao tratamento dos conteúdos de física apenas de forma teórica, como ocorre em muitas instituições que não possuem recursos financeiros para equipar um laboratório, bem como as atividades experimentais nos laboratórios didáticos que muitas vezes apenas constam nos planos de ensino.

Os problemas da ausência de recursos para a montagem dos laboratórios presenciais e da necessidade do revezamento de material entre os estudantes já foram analisados por pesquisadores. De acordo com Amaral *et al.* (2011):

Os laboratórios presenciais consistem de espaços localizados na própria instituição de ensino, nos quais o aluno dispõe de artefatos para a realização de seus experimentos. Salienta-se que nos laboratórios presenciais é comum o aluno estar acompanhado do docente e dos colegas, havendo revezamento no uso do material, visto que a falta de recursos financeiros muitas vezes inviabiliza que cada aluno disponha de todo o conjunto de instrumentos e materiais necessários às suas experiências.

A questão do revezamento no uso do material no LR também é um problema nas atividades experimentais de FM na UFVJM/TO, pois em vários conteúdos existe a possibilidade de se preparar apenas um conjunto, ou seja, uma única bancada, onde 120 alunos deverão se organizar em grupos e proceder o revezamento no menor tempo possível. Isso faz com que a coleta de dados seja acelerada, para que todos possam realizar a prática, causando prejuízos no processo de construção dos conceitos que a atividade deveria promover. Entretanto, se as atividades práticas da disciplina forem todas realizadas em espaços virtuais retira-se do aluno a possibilidade de lidar com problemas que surgem durante a experimentação, bem como inviabiliza a reflexão filosófica de fenômenos associados. Por outro lado, em muitos casos é possível conjugar a atividade de simulação no LV com a prática no LR. Essa metodologia, aplicada nas atividades descritas nesse artigo, tem se mostrado bastante eficiente em trabalhos sob a cooperação do GESE.

## **1.2 Motivação para o uso do LV no curso de C&T**

A unidade curricular Fenômenos Mecânicos do curso de C&T da UFVJM/TO, de acordo com seu Projeto Político Pedagógico (UFVJM,2012), faz parte de um conjunto de disciplinas do ciclo básico que tem duração de 3 anos. Findado esse período o aluno pode continuar seus estudos por mais 2 anos, escolhendo uma das engenharias ofertadas pela instituição. Durante o ciclo básico o estudante deverá adquirir uma formação mais generalista, com perfil para atuações no mercado de trabalho, especialmente em atividades que explorem a ciência e a tecnologia. Por essa razão, entende-se que atividades práticas em disciplinas do ciclo básico são tão importantes quanto as práticas durante o ciclo de formação específica.

Similar ao que ocorre em outras universidades, as disciplinas dos períodos iniciais, como FM, apresentam elevados índices de evasão e reprovação, o que pode motivar a utilização de novas tecnologias no ensino (JARDIM *et al.* 2012b).

Ademais, a física necessita de abstração e de raciocínio lógico, como ocorre com a matemática, mas também de habilidade para entender como utilizar a matemática como ferramenta para modelar os eventos observados, bem como na resolução de exercícios. O uso da tecnologia nesse contexto pode ser um forte aliado na aprendizagem de conteúdos de maior abstração, para modelar os fenômenos naturais e no auxílio à resolução de exercícios.

Uma das justificativas para o uso do LV na prática da análise dimensional se deve ao fato de haver observado a alienação de muitos alunos quando realizavam esta mesma atividade no LR. Em parte, esse problema se dá por causa do número de alunos por bancada durante a prática, impossibilitando a participação efetiva de todos os membros. Com isso, menos de cinquenta por cento dos alunos se envolvem diretamente na tarefa. O número ideal de alunos por bancada não é possível de ser alcançado em FM na UFVJM/TO, tanto por falta de tempo na carga horária da disciplina e do docente, quanto pela falta de material para a montagem do experimento a contento.

O uso de TIC's em disciplinas do curso de C&T teve como motivação inicial diminuir a evasão nas disciplinas de Álgebra Linear (AL) e Funções de uma Variável (FUV), onde os resultados apresentados são bastante animadores (SILVA *et al*, 2015). A simulação pode ser adotada como um procedimento de intervenção que estimule o desejo do estudante na aprendizagem do conteúdo. Silva *et al* (2016b), a respeito do uso do *software* no ensino de FUV, afirma que

se trata de uma ferramenta que torna as aulas mais interessantes e esclarecedoras, proporcionando melhor compreensão, estudantes mais motivados e, conseqüentemente, melhores resultados através da exploração da modelagem.

Nas disciplinas de física a busca pela compreensão dos conteúdos vistos em sala de aula torna-se mais estimulante com o auxílio da ferramenta tecnológica, seja de forma demonstrativa, onde o docente apresenta a simulação e discute com os discentes, seja no LV, onde o próprio aluno manipula o modelo.

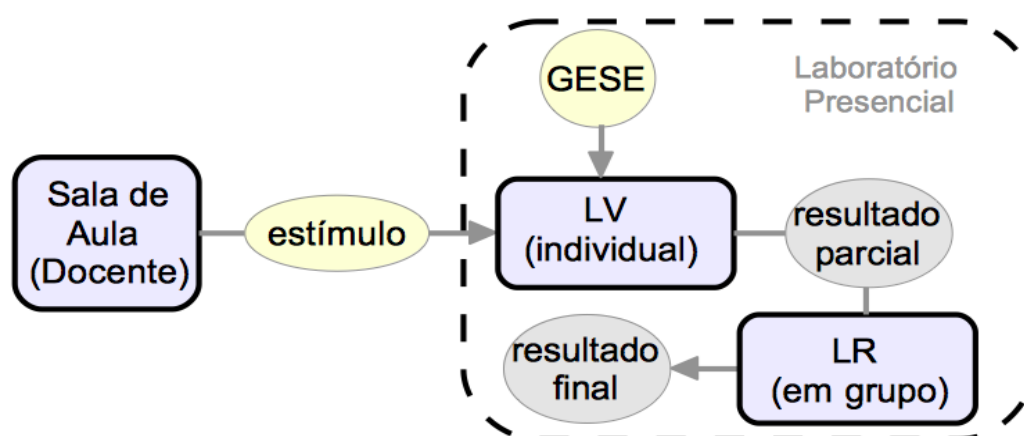
No *campus* de Teófilo Otoni as aulas acontecem em salas de aula com capacidade para 60 estudantes, mesmo que por diversas vezes a realidade é uma quantidade bem maior, em torno 20%, ou seja, de 72 alunos numa turma. Por essa razão, novas metodologias devem ser utilizadas com o intuito de tornar o ensino mais atraente e eficiente. Essa questão está explicitada no próprio Projeto Político

Pedagógico (PPP) do curso, que no subitem 3.7 (Reflexões sobre Metodologia) sugere aos docentes estudarem e avaliarem as estratégias que serão utilizadas frente a esse modelo de curso onde as turmas são bastante numerosas (UFVJM, 2012).

Por fim, as atividades no LV são realizadas com facilidade e flexibilidade, uma vez que na UFVJM/TO existem salas equipadas com dezenas de computadores, algumas delas com capacidade para mais de 60 indivíduos, que viabilizam a atividade de simulação para os alunos. Ademais, a própria arquitetura do curso estimula o uso de tecnologias da informação e de simulações na resolução de problemas no ensino e na vida profissional.

## 2. Metodologia adotada no ensino

A metodologia de ensino adotada nas atividades às quais se refere neste artigo seguem o modelo representado na Figura 2. O conteúdo, inicialmente, era apresentado aos alunos ainda em sala de aula. A parte teórica era explorada com exemplos e exercícios para fixação das ideias discutidas. Entretanto, os alunos sempre demonstraram grande dificuldade para compreender a análise dimensional e entender seu uso e aplicação. Por se tratar de uma técnica que usa letras para representar as grandezas físicas e realizar operações, os estudantes, logo no início, já desenvolvem um preconceito com esse conteúdo, pois trata-se de conceitos novos, nunca vistos até então.



**Figura 2:** Representação gráfica da metodologia de ensino adotada neste trabalho, com atenção especial para as atividades no laboratório. **Fonte:** GESE (2016)



Nesse contexto, proporcionar atividades no laboratório é fundamental na construção desse novo conceito. Até o ano de 2015, as atividades experimentais eram realizadas no LR, mas sem resultados eficientes, pois os grupos de trabalho eram compostos por 5 ou 6 alunos, não menos que 5, já que as turmas são numerosas e essa atividade experimental é relativamente demorada, necessitando alterar os 4 parâmetros físicos para o pêndulo, um de cada vez. Nesse sentido a ferramenta computacional complementa o conteúdo visto em sala de aula de forma teórica, substituindo parte da tarefa que antes era apenas do LR.

Durante a aula teórica os alunos foram motivados pela tarefa da abstração a realizar experimentos mentais visualizando algumas situações que exigissem a aplicação da AD. Foram direcionadas as análises para a atividade prática que seria realizada no laboratório, para que os estudantes soubessem o que seria explorado, mas sem abordar o tema em absoluto, para não induzi-los quanto à solução.

No LV a atividade era realizada individualmente, de modo que todos os estudantes trabalhavam ativamente. O GESE, nesse estágio dos trabalhos, atuou em modo de tutoria no auxílio do funcionamento da simulação, caso algum discente apresentasse dificuldade no entendimento do modelo no GeoGebra. Durante a prática, tanto no LV quanto no LR, os membros do GESE se posicionaram estrategicamente atrás de cada fileira de alunos e atuaram como observadores do comportamento dos estudantes para posterior análise.

O resultado obtido pelos alunos após essa etapa seria parcial e cada aluno precisaria fazer a anotação de seus cálculos para concluir a tarefa no LR. Apenas nesse estágio era permitido que os alunos se agrupassem e trocassem informações para finalizar a atividade e obter o resultado final.

### **3. Sequência de atividades**

As atividades desenvolvidas no LP, tanto no virtual quanto no real, seguiram um roteiro com sequências didáticas, que serão apresentadas nos subitens abaixo. Na primeira etapa o experimento se deu no LV e cada aluno fazia sua tarefa individualmente. No estágio seguinte o teste ocorreu no LR e os estudantes se agrupavam e interagem, trocando informações.

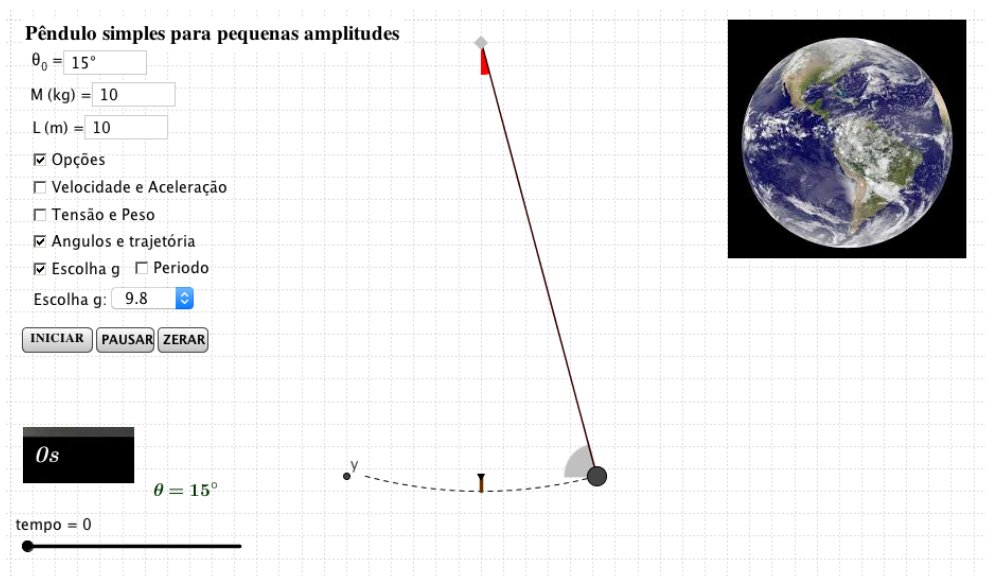
### 3.1 A primeira etapa realizada no LV

O LV utilizado neste trabalho foi desenvolvido no *software* GeoGebra. Esse programa já é familiar aos estudantes do segundo período do curso de C&T, pois desde o primeiro período eles já realizam atividades com o GeoGebra na disciplina de FUV. Esse *software* é gratuito, prático e dinâmico, que relaciona conteúdos algébricos e geométricos, permitindo que os discentes absorvam com maior facilidade os conceitos e conteúdos abordados vistos em sala de aula (SILVA *et al.* 2015).

A modelagem desenvolvida para essa prática não exige do usuário a compreensão do funcionamento, mas se ele se interessar poderá explorar, na janela de álgebra, a forma como foi modelado, perceber as equações, fazer alterações, complementações etc, como já ocorreu. Isso faz com que o GeoGebra seja uma excelente escolha, inclusive como motivador do desenvolvimento intelectual.

#### **Atividade 1: Explorando o modelo**

No primeiro momento foi sugerido que os estudantes abrissem o programa e manipulassem, verificando as caixas de seleção, caixas de texto, entrada de valores, etc., conforme se observa na Figura 3. Como recurso metodológico, foi apresentado aos alunos um pêndulo real para comparação, indicando quais as tarefas que seriam realizadas na modelagem, ou seja, aumentar e diminuir o comprimento do fio, o ângulo inicial, o valor da massa e o valor da aceleração da gravidade. Os botões iniciar, parar e reiniciar também deveriam ser manipulados para saber se tudo estava funcionando a contento.



**Figura 3:** Aparência do modelo do pêndulo . A opção para escolha de  $g$  permite que o laboratório simule o experimento em outros planetas e na Lua, com os valores de  $g$  encontrados na literatura. O modelo permite alterações do ângulo inicial, da massa, da aceleração da gravidade e do comprimento do fio.

**Fonte:** GESE (2016)

Foi solicitado que os estudantes medissem o período de oscilação do pêndulo, colocando nas caixas à esquerda, os valores iniciais  $15^\circ$ , 10kg, 10m e escolhendo a Terra, onde  $g$  vale  $9,8\text{m/s}^2$ . Foi sugerido que eles utilizassem os cronômetros, marcassem o tempo de 10 oscilações e encontrassem o valor de uma oscilação, que seria o período desejado. O valor encontrado pelos alunos deveria estar próximo do valor calculado diretamente da equação e que está mostrado no quadro 1.

L (m)	m (kg)	g (m/s <sup>2</sup> )	$\theta_0$ ( $^\circ$ )	T (s)
10	10	9.8	$15^\circ$	6.35

**Quadro 1:** Valor do período de oscilação calculado diretamente da equação para as condições iniciais escolhidas.

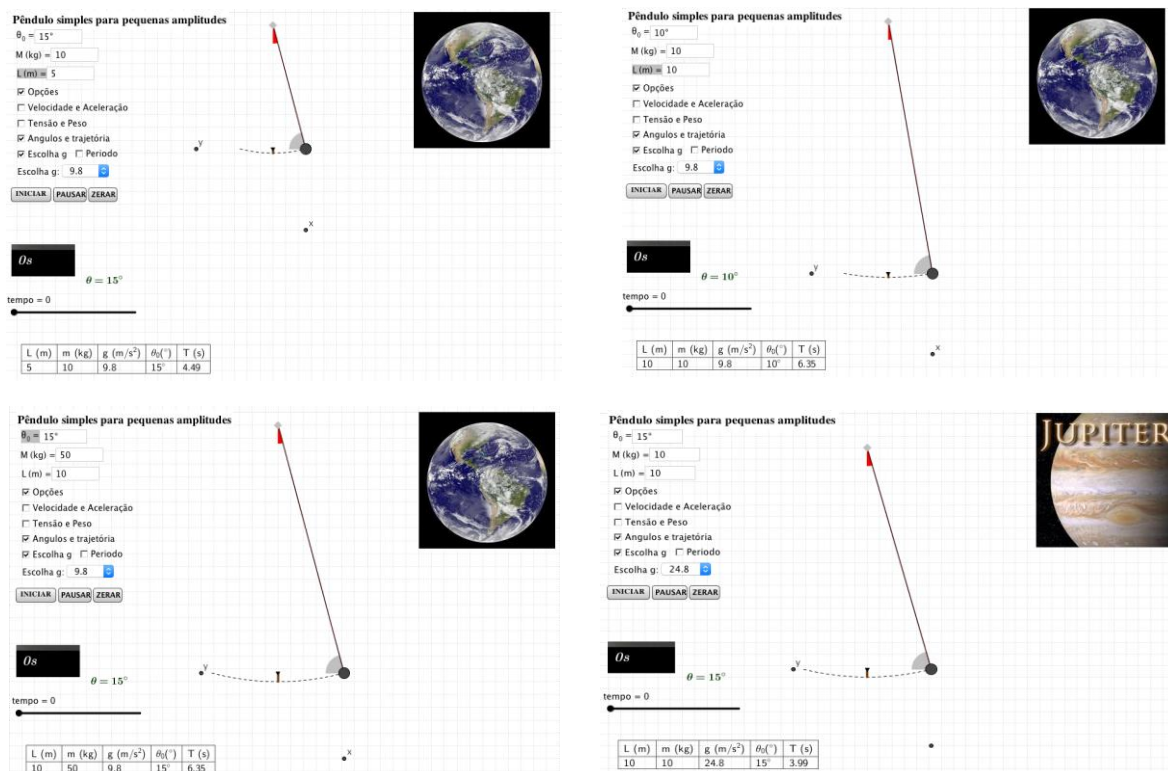
**Fonte:** GESE (2016)

Findada essa etapa, anotados os valores necessários, foi sugerido que passassem para a atividade seguinte.

### Atividade 2: Alterando os valores

Nesse estágio os estudantes precisariam entender quais, dentre as variáveis livres, causariam alteração no valor do período quando tivessem seus valores

modificados. Isso permitiria, de forma empírica (virtual), determinar quais as dependências do período  $T$  de oscilação do pêndulo. A Figura 4 mostra quatro situações com as alterações realizadas, em comparação com a situação mostrada no quadro 1, com o objetivo de procurar a dependência de  $T$ .



**Figura 4:** Sequência de atividades, mantendo-se as condições iniciais e alterando um parâmetro por vez: (a) Comprimento do fio alterado para 5m; (b) Ângulo alterado para  $10^\circ$  (c) Massa alterada para 50kg; (d) Valor de  $g$  alterado para  $24,8\text{m/s}^2$  correspondente a Júpiter  
**Fonte:** GESE (2016)

Em (a) observa-se a redução no comprimento do fio e o valor do período sofre alteração, de  $6,35\text{s}$  para  $4,49\text{s}$ . Essa análise permite que os alunos conclua que alterar o comprimento de  $L$  implica na alteração de  $T$ , ou seja,  $T$  depende de  $L$ .

Em (b) a alteração ocorreu para o ângulo inicial de partida do pêndulo, de  $15^\circ$  para  $10^\circ$ . O valor de  $T$  não sofreu alteração. Foi sugerido que os alunos escolhessem outro valor para o ângulo, dessa vez um valor maior que  $15^\circ$ . Com isso os estudantes concluíram que  $T$  não depende do ângulo.

Em (c) foi a vez de alterar a massa. Novamente não houve qualquer mudança no valor de  $T$ , indicando que o período não depende da massa do pêndulo.

Por fim, em (d) o valor de  $g$  foi alterado, considerando um laboratório em Júpiter. Nesse caso, o período de oscilação passou de 6,35s para 3,99s. Portanto, existe uma dependência de  $T$  com respeito a  $g$ .

Ao final dessa atividade quase todos os alunos foram capazes de perceber quais as quantidades que, quando alteradas, implicam na alteração do valor de  $T$ .

### Atividade 3: Obtendo a equação pela AD

Nesse estágio os estudantes precisariam escrever a expressão para o período do pêndulo. Pela análise dimensional é possível fazer previsão de fórmulas se soubermos as dependências de uma grandeza com relação a outras. Esse momento da atividade apresentou o maior grau de dificuldade por parte dos alunos.

Como  $T$  é função de  $L$  e  $g$ , e não de  $m$  e theta, representa-se, na forma matemática, por  $T = T(L, g)$ . Considerando uma expressão polinomial para representar essa função é possível escrever

$$T = k L^a g^b,$$

onde  $a$  e  $b$  precisam ser determinados.

Pela AD, onde a base utilizada foi MLT (M é massa, L é comprimento e T é tempo), obtem-se as equações dimensionais para as grandezas físicas observadas  $T$ ,  $L$  e  $g$ , considerando a constante  $k$  como adimensional:

$$[T] = M^0 L^0 T, \quad [k] = M^0 L^0 T^0, \quad [L] = M^0 L T^0 \quad \text{e} \quad [g] = M^0 L T^{-2}$$

Portanto, a análise fornece:

$$\begin{aligned} [T] &= [k] [L^a] [g^b] \\ M^0 L^0 T &= (M^0 L^0 T^0) (M^0 L T^0)^a (M^0 L T^{-2})^b \\ M^0 L^0 T &= M^0 L^{a+b} T^{-2b} \end{aligned}$$

Comparando os dois lados da igualdade, para as grandezas idênticas,

$$M^0 = M^0 \quad L^0 = L^{a+b} \quad T = T^{-2b}$$

a relação dos expoentes fornece:

$$0 = 0 \quad 0 = a+b \quad 1 = -2b$$

Daí, resolvendo para  $a$  e  $b$  os valores são  $a = \frac{1}{2}$  e  $b = -\frac{1}{2}$ .

Substituindo os valores de  $a$  e  $b$  na equação, obtém-se o seguinte resultado:

$$T = k \sqrt{\frac{L}{g}}$$

O próximo passo é obter o valor da constante  $k$  para que se possa determinar completamente a expressão do período.

### 3.2 A etapa final no LR

Essa etapa consiste no cálculo do valor da constante de proporcionalidade  $k$ . Para isso foi utilizado um pêndulo real de comprimento igual a 1m. O trabalho foi feito pelos alunos em grupos de 3 ou 4, conforme a atividade da etapa anterior estivesse sendo encerrada. Os estudantes deveriam realizar as medidas do tempo para 10 oscilações e calcular a média, repetindo esse procedimento ao menos 3 vezes para diminuir os erros na medida do tempo cronometrado.

Substituindo os valores de  $L$ ,  $g$  e  $T$  na expressão anterior e resolvendo para  $k$  obtém-se o valor próximo de 6,28, mas não com exatidão, pois a medida do comprimento do fio e o cálculo de  $T$  carregam os respectivos erros experimentais. Além disso, o valor da aceleração da gravidade local utilizado foi de  $9,8\text{m/s}^2$ , que já é uma aproximação. O docente pode aproveitar estes fatos para discutir com os estudantes a questão dos erros experimentais.

Foi solicitados aos estudantes que escrevessem o valor que obtiveram em termos da constante  $\pi$ . Alguns valores obtidos apresentaram erros grandes e esses alunos não conseguiram perceber que a constante seria  $2\pi$ .

Portanto, a expressão final para o período de oscilação do pêndulo pode ser escrita como segue:

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

## 4. Discussão dos resultados observados

Durante as atividades realizadas no LV foi possível observar uma participação mais efetiva dos estudantes do que quando a mesma tarefa era realizada somente no LR. Entretanto, independente de onde a atividade ocorre, sempre existe uma

quantidade de alunos que não se interessam pela tarefa proposta e por isso não se envolvem.

A atividade foi realizada para as duas turmas de FM, cada uma com mais de 50 alunos matriculados. Na turma I compareceram 46 estudantes e na turma II foram 54. A metodologia adotada nas duas turmas foi diferente num único sentido. Para I não houve nenhuma apresentação do roteiro, nem houve explanação conduzida pela docente a respeito da atividade propriamente dita. Entretanto, com a turma II foi feita uma explicação inicial dos passos que os alunos deveriam seguir para realizar a prática e da razão pela qual aquele procedimento deveria ser realizado.

No quadro abaixo, à esquerda, são apontadas algumas observações relativamente à prática e, à direita, as discussões à respeito desses apontamentos:

<i>Um grupo de alunos da turma I não entendia o conceito de oscilação e por isso eles levaram mais tempo para entender o que deveria ser feito na atividade prática</i>	Alguns alunos que apresentaram dificuldades maiores na compreensão da atividade disseram não possuir base de conhecimentos em física. Obviamente, essa afirmação é muito preocupante já que todos os estudantes que são aprovados no processo de seleção para o curso de C&T deveriam ter conhecimento de física, pois o instrumento de seleção, que nesse caso é o exame nacional do ensino médio (ENEM), cobra conteúdos dessa disciplina em suas provas.
<i>Muitos alunos não tiveram interesse ou não tiveram tempo para ler o roteiro de atividades e demoraram um pouco mais para conseguir fazer a tarefa</i>	Observa-se uma falta de interesse extrema por parte de alguns estudantes do curso. Muitos não tinham esse curso por opção e por essa razão não se sentem motivados a estudar. Outros, quando encontram a primeira barreira, seja ela de caráter fundamental, como é no caso do baixo nível de conhecimento matemático, seja por acumular muitas disciplinas no mesmo semestre, acabam não se dedicando e atropelando as fases de amadurecimento necessárias ao domínio do conteúdo.
<i>Os estudantes que não compareceram na aula teórica que tratou do conteúdo explorado no LP não conseguiram desenvolver a prática e acabaram seguindo o roteiro sem o devido entendimento racional</i>	Muitos estudantes insistiam nas respostas, buscando um colega ao lado, ou pedindo auxílio aos tutores do GESE, pois não queriam pensar. Essa preguiça mental, que o aluno já traz consigo, faz com que as atividades sejam
<i>A maior parte dos estudantes não perceberam imediatamente que os diferentes valores de T que eles estavam obtendo seria por causa do tempo de reação de cada observador no ato de pausar o movimento do</i>	

<i>pêndulo no modelo</i>	mecanizadas e por essa razão eles não se questionavam a respeito dos diferentes valores de $T$ que estavam obtendo. Apenas alguns poucos perceberam imediatamente que seria por causa do tempo de reação. O impacto dessa preguiça mental também pode ser comprovado quando se compara a rapidez na realização das tarefas entre as turmas I e II, bem como na resistência que apresentavam no procedimento da atividade 3, em que precisariam usar a técnica da AD para obter a expressão.
<i>A maioria dos estudantes conseguiu perceber que o período não dependia da massa e do ângulo, mas muitos ainda questionavam esse fato, principalmente com respeito à massa</i>	
<i>A turma II se saiu melhor que a I, tanto no desenrolar da atividade quanto na capacidade de concluir a tarefa com a devida compreensão</i>	
<i>A maior dificuldade nessa atividade foi usar a análise dimensional para encontrar a relação de <math>T</math> com as outras grandezas</i>	
<i>Alguns alunos interagiram mais com a simulação que outros e testaram os botões e seletores, mostrando maior interesse pela atividade</i>	
<i>Não foi observada qualquer dificuldade com respeito à prática realizada no LR para o cálculo da constante de proporcionalidade</i>	O uso da tecnologia estimula o estudante. Esse é um fator motivador para o uso do LV em conjunto com o LR nas atividades de física. A interação entre os alunos nessa etapa fez com que as informações fossem trocadas e não tivessem dúvidas.

Vale ressaltar que muitos alunos estão cursando a disciplina pela segunda, terceira ou quarta vez e muitos dentre esses não demonstram maior compromisso com o estudo, apesar de apresentarem essas reprovações. Mesmo com a atividade proposta não foi possível mudar essa realidade.

### **Considerações Finais**

O uso de TICs no ensino é uma realidade, seja qual for a proposta que se intencione trabalhar. No ensino de física a tecnologia é particularmente fundamental, tanto no LR com o uso de novos equipamentos, mais modernos e tecnológicos, quanto no LV com o recurso computacional como estratégia de ensino.

A simulação no GeoGebra pode ser uma ferramenta de aprendizagem tanto para quem se propõe a construir o modelo, quanto para o usuário, que apenas altera parâmetros e analisa os resultados. No caso do primeiro o desafio é muito maior, pois terá que demonstrar amplo domínio do ferramental matemático para propor um modelo dinâmico.



O LV se mostra interessante, especialmente na questão do estímulo à tarefa por parte dos estudantes, e eficiente, acerca do objetivo inicial de complementar a atividade realizada no LR. Observou-se que esse experimento, quando realizado completamente no LR, em geral em grupos de 5 ou 6 alunos, apenas 2 ou 3 conseguiam entender o que estava sendo feito e muitas vezes os alunos com maiores dificuldades não tinham o tempo necessário para amadurecer o assunto trabalhado e por isso desistiam de participar ativamente da prática. Portanto, ficou entendido que o LV não substitui o LR, mas o complementa de fato.

Apesar do modelo tratado aqui ter se limitado a estudar o período de oscilação do pêndulo simples para pequenas amplitudes, diversas outras análises podem ser obtidas, caso o objetivo da prática seja outro. Por exemplo, é possível estudar o comportamento dos vetores aceleração, tensão no fio, velocidade, bem como a conservação de energia ou mesmo a correção no valor do período para grandes amplitudes. As tarefas que envolvem visualizações, como no caso de vetores, são difíceis de se trabalhar no LR, mas extremamente interessantes se construídas no LV. Resultados futuros vão demonstrar a eficiência de aplicações do LV em simulações que envolvam movimento de projéteis e outras possibilidades.

O modelo utilizado aqui estará disponível no sítio da comunidade GeoGebra, em [https://www.geogebra.org/?lang=pt\\_BR](https://www.geogebra.org/?lang=pt_BR)

## Referências

ALVES FILHO, José de Pinho. Regra da transposição didática aplicadas ao laboratório didático. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física* v. 17, n. 2: p. 174-182, ago. 2000.

AMARAL, E. M. H. et al. Laboratório Virtual de Aprendizagem: Uma Proposta Taxonômica. *RENOTE*. v. 9, n. 2, 2011.

ARAUJO, Ives S.; VEIT, Eliane A.; MOREIRA, Marco A. Atividades de modelagem computacional no auxílio à interpretação de gráficos da Cinemática. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 2, p. 179-184, 2004.

CHEVALLARD, Y. "La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné, 2nd edn. La Pensée Sauvage Editions, Grenoble perspectives." *Encyclopedia of mathematics education*. Springer, Dordrecht (1991).

JARDIM, D.F., et al. Softwares matemáticos na construção de novos perfis sócio-educacionais. In: SINTEGRA, v.1, p.422, 2012a, UFVJM, Anais do I Sintegra, Diamantina- MG, Disponível em: [http://sintegra.ufvjm.edu.br/arquivos/docs/Anais\\_SINTEGRA\\_2012.pdf](http://sintegra.ufvjm.edu.br/arquivos/docs/Anais_SINTEGRA_2012.pdf). Acessado em 01 de janeiro de 2017.

JARDIM, D.F., et al. Construção do perfil dos acadêmicos retidos e evadidos em disciplina de matemática do BC&T-TO. In: SINTEGRA, v.1, p.804, 2012b, UFVJM, Anais do I Sintegra, Diamantina- MG. Disponível em: [http://sintegra.ufvjm.edu.br/arquivos/docs/Anais\\_SINTEGRA\\_2012.pdf](http://sintegra.ufvjm.edu.br/arquivos/docs/Anais_SINTEGRA_2012.pdf). Acessado em 19 de outubro de 2015.

MARTINS, Roberto de Andrade. A busca da ciência priori do final do século XVIII e a origem da análise dimensional. In: MARTINS, R.A et al.(eds.). *Filosofia e história da ciência no Cone Sul: 3º Encontro*. Campinas: AFHIC, 2004. Pp. 391-402. (ISBN 85-904198-1-9).

MENDES, Eduardo; MORAES, Márcia Cristina. Sala Virtual de Física: uma alternativa para apoiar e complementar o ensino presencial de Física. *RENOTE*, v. 10, n. 2.

OLIVEIRA, Hélia; DOMINGOS, António. Software no ensino e aprendizagem da Matemática: algumas ideias para discussão. *Tecnologias e educação matemática*, p. 279-285, 2008.

OTSUKA, Joice Lee et al. Labteca: Experiência lúdica em um laboratório 3D de química. *RENOTE*, v. 13, n. 2.

SCHIMIDT, Marcelo A. R.; TAROUÇO, Liane M. R. Metaversos e laboratórios virtuais – possibilidades e dificuldades. *Revista de Novas Tecnologias na Educação*, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p 1-12, jul/2008.

SILVA, J. M. et al. Mathematical modelling and the differential and integral calculus teaching challenges. ICTMA Conference. Nottingham, 2015.

SILVA, J. M. et al. Teaching derivatives concepts with computational techniques. Hamburg: ICME, 2016a.

SILVA, J. M. et al. O ensino e a aprendizagem de conceitos de cálculo usando modelos matemáticos e ferramentas tecnológicas. Revista de Ensino de Engenharia. n. 2, v. 35. 2016b.

UFVJM. Projeto Pedagógico de Curso - Bacharelado em Ciência e Tecnologia – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri. Campus do Mucuri. Teófilo Otoni, 2012. Disponível em: <http://www.ufvjm.edu.br/prograd/projetospedagogicos.html>. Acessado em 10 de janeiro de 2017.

Processo de Avaliação por Pares: (*Blind Review* - Análise do Texto Anônimo)

Publicado na Revista Vozes dos Vales - [www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes) em: 05/2017

Revista Científica Vozes dos Vales - Ufvjm - Minas Gerais - Brasil

[www.ufvjm.edu.br/vozes](http://www.ufvjm.edu.br/vozes)

[www.facebook.com/revistavozesdosvales](https://www.facebook.com/revistavozesdosvales)

UFVJM: 120.2.095-2011 - QUALIS/CAPES - LATINDEX: 22524 - ISSN: 2238-6424

Periódico Científico Eletrônico divulgado nos programas brasileiros *Stricto Sensu*

(Mestrados e Doutorados) e em universidades de 38 países,

em diversas áreas do conhecimento.