



EXPERIMENTOS DE OSCILAÇÕES PARA O LABORATÓRIO DE MATEMÁTICA E FÍSICA DA UNIPAMPA, CAMPUS ITAQUI.

André da Silva Aquino¹, Rolando Larico Mamani²,
Willian Damin³, Caroline Jaskulski Rupp⁴

¹Universidade Federal do Pampa, UNIPAMPA, campus Itaqui, Itaqui, RS, Brasil.
(andreaquino.aluno@unipampa.edu.br)

^{2,3,4}Universidade Federal do Pampa, campus Itaqui, Itaqui, RS, Brasil.

A utilização de experimentos simples para a compreensão dos conceitos de Física e o melhor desenvolvimento da aprendizagem é uma ferramenta pedagógica de grande auxílio. Com o intuito de tornar o conteúdo mais didático para os discentes da UNIPAMPA construímos dois experimentos sobre Movimento Harmônico Simples (MHS). No primeiro experimento, utilizamos um pêndulo simples e calculamos o valor da aceleração da gravidade g . No segundo experimento, calculamos a constante elástica de duas molas diferentes. Dessa forma, obteve-se resultados satisfatórios, dentro do planejado, através da aplicação das equações do Movimento Harmônico Simples.

Palavras-chave: Física; Oscilações; Experimentos; Lei de Hooke; Pêndulo Simples.

INTRODUÇÃO

Para a compreensão dos conceitos de Física e o melhor desenvolvimento da aprendizagem dos discentes existe um consenso entre docentes e discentes de que a atividade prática com a utilização de experimentos simples é uma ferramenta pedagógica de grande auxílio. Existem vários experimentos simples de baixo custo que podem ser construídos para o auxílio da aprendizagem dos conceitos da Física. Dentre estes conceitos, podemos destacar os relacionados com o tema “Oscilações”, que por vezes é visto apenas de forma superficial restringido a equações, exercícios teóricos e matemáticos.

Os eventos oscilatórios podem ser vistos em diversas áreas de conhecimento como a biologia, a engenharia e principalmente na Física, assim como podem ser apresentados de várias formas na natureza e no nosso dia-a-dia. Dessa forma, Halliday (2016b, p. 212), exemplifica que, quando um peão de rodeio monta em um touro, o corpo do peão oscila para um lado e para outro enquanto o touro gira e corcoveia.

De acordo com Halliday (2016b, p. 213), o Movimento Harmônico Simples (MHS) é uma função senoidal do tempo t , ou seja, pode ser escrito como uma função seno ou cosseno do tempo t . Ainda com Halliday (2016b, p. 202) o MHS é o movimento executado por uma partícula sujeita a uma força de módulo proporcional ao deslocamento da partícula e orientada no sentido oposto. Então, desse modo, define-se que o MHS é o movimento de qualquer sistema que oscila periodicamente e indefinidamente

sem atuação de forças externas dependentes do tempo. Um exemplo de sistema em MHS é o sistema massa-mola, sem a atuação de forças externas. Nele, a única força que atua no sistema é uma força restauradora que é proporcional ao deslocamento, deformando a mola dentro de um regime elástico. Essa força restauradora do MHS é descrita pela Lei de Hooke. O período T (tempo necessário para completar uma oscilação completa) de oscilação do sistema massa-mola depende de massa m e da constante elástica k da mola.

A energia mecânica no MHS consiste de dois termos, a energia cinética e a energia potencial. Se considerarmos um oscilador linear (sistema massa-mola), a energia cinética está relacionada com a velocidade do sistema (massa-mola) enquanto que energia potencial está associada à mola e é definida como energia potencial elástica. A energia potencial elástica está relacionada com o deslocamento (alongamento ou compressão) da mola, ou seja, de $x(t)$. Assim, no MHS, a energia varia, dependendo da velocidade e do deslocamento da mola sendo que uma forma de energia se transfere em outra, ora sendo somente energia cinética, ora sendo somente energia potencial elástica ou o intermediário entre as duas formas de energias.

Segundo Halliday (2016b, p. 226) temos que “Isso mostra que a energia mecânica de um oscilador linear é, de fato, constante e independente do tempo. A energia potencial e a energia cinética de um oscilador linear são mostradas em função do tempo t e em função do deslocamento x . Agora podemos entender por que um sistema oscilatório normalmente contém



um elemento de elasticidade e um elemento de inércia: o primeiro armazena energia potencial e o segundo armazena energia cinética.”

Nota-se que até o momento consideramos sistemas em que a força restauradora era resultante de um elemento elástico, nesse caso, uma mola. Se considerarmos que esta força é proporcional ao deslocamento cuja constante de proporcionalidade depende das características do elemento elástico, precisamos, então considerar o caso em que penduramos uma massa por um fio ou cabo pivotado em um determinado ponto. Assim, quando deslocamos a massa do ponto de equilíbrio, a força da gravidade que atua sobre a massa do ponto de equilíbrio é igual a força restauradora.

O pêndulo simples é um sistema que também realiza o movimento harmônico simples. Desse modo, como explicado por Halliday (2016b, p. 232), o pêndulo simples é composto por uma partícula de massa m (chamada de massa do pêndulo) suspensa por um fio inextensível, de massa desprezível e comprimento L . Ainda com Halliday (2016b, p. 232), a massa está livre para oscilar no plano do papel, para a esquerda e para a direita de uma reta vertical que passa pelo ponto de suspensão do fio. O período T de um pêndulo simples depende do comprimento L do fio e da aceleração da gravidade g local.

Observa-se então, que o tema relacionado ao Movimento Harmônico Simples apesar de ser muito comum no nosso cotidiano, acaba se tornando bem complexo quando visto apenas de forma teórica e matemática, fazendo assim, indispensável o uso de experimentos simples que visam facilitar o seu entendimento a respeito do assunto.

Os conteúdos de Física quando aplicados de forma práticas e simples, geram experiências marcantes no estudante, assim como cita, o físico teórico britânico Stephen Hawking (2018, p. 28) “a maioria pode compreender e apreciar as ideias básicas, se forem apresentadas de maneira clara e sem equações [...]”, afinal, elas são capazes de incitar a curiosidade, o raciocínio lógico, a criatividade e demonstrado como um assunto teoricamente complicado e complexo como Movimento Harmônico Simples pode estar presente em coisas simples do nosso cotidiano e que por vezes passam despercebidos.

A matemática e as equações em si têm um enorme valor e grande importância na Física, o próprio “princípio fundamentalmente criador está na matemática” (EINSTEIN, 2016, p. 129). No entanto, as equações e fórmulas estão presentes na Física apenas devido ao critério de utilização que a própria experiência impõe sobre elas (EINSTEIN; Albert, 2016, p. 129).

Dessa forma, com o intuito de tornar o conteúdo mais didático e acessível para os discentes da Universidade Federal do Pampa, e até mesmo para

alunos(as) do ensino médio das escolas de Itaqui que frequentemente fazem visitas aos laboratórios da universidade, construímos dois experimentos relacionados a um tipo básico de oscilação, que é o Movimento Harmônico Simples (MHS). No primeiro experimento (Experimento I), utilizamos um pêndulo simples (formado por um corpo esférico de massa m , um fio de comprimento L e um aparato de madeira para prender o pêndulo) e calculamos o valor da aceleração da gravidade g . No segundo experimento (Experimento II), calculamos a constante elástica de duas molas diferentes utilizando uma mola, um copo plástico, bolas de gude e um aparato de madeira que prendia a mola. Com a variação das massas dentro do copo plástico determinamos a força peso e medimos a elongação da mola (x). Com os valores da força peso e da elongação determinamos o valor da constante elástica para cada mola.

Além disso, realizamos uma revisão teórica sobre os principais conceitos que envolvem o MHS, como: o deslocamento, a velocidade, a aceleração, a Lei de Hooke, a Energia Mecânica e os diferentes tipos de pêndulos.

Com isso, é evidente que há uma necessidade da realização desse trabalho para os alunos e alunas da UNIPAMPA, pois concluindo com o pensamento do professor Mário Sérgio Cortella, “Se a educação não for provocativa, não constrói, não se cria, não se inventa, só se repete (SAYÃO, 2020, p. 04).

O objetivo geral deste trabalho é proporcionar um melhor entendimento e desenvolver a aprendizagem dos discentes construindo experimentos de física sobre Oscilações e realizando medidas físicas.

Os objetivos específicos do Experimento I são:

- Desenvolver os conceitos de massa, peso, interações, período, frequência, amplitude, elongação entre outros tópicos envolvidos.
- Comprovar que o período do pêndulo não depende da massa e amplitude e sim depende do comprimento do fio;
- Determinar a aceleração da gravidade mediante os tempos de oscilação e comprimentos do fio.

Os objetivos específicos do Experimento II são:

- Fazer uma revisão teórica da Lei de Hooke;
- Observar se sistema massa-mola (mola) satisfaz a Lei de Hooke;
- Obter as medidas de força peso através da montagem de experimentos de baixo custo;
- Determinar matematicamente e experimentalmente a constante elástica da mola.

Os dois experimentos serão disponibilizados no Laboratório de Matemática e Física da Universidade Federal do Pampa (UNIPAMPA),



campus de Itaquí, RS, para serem utilizados pela comunidade acadêmica da UNIPAMPA nos componentes curriculares de Física e nos projetos de extensão.

MATERIAL E MÉTODOS

Como um dos objetivos desse projeto é que os experimentos confeccionados sejam de baixo custo, e do nosso cotidiano, serão utilizados apenas materiais simples e de fácil acesso. Todos os gráficos utilizados nos experimentos foram construídos com o Microsoft Excel.

Para o Experimento I, utilizamos como materiais de baixo custo:

- suportes de madeira;
- objeto de massa m de formato esférico;
- fio de malha de comprimento L ($L = 20$ cm, 40 cm e 60 cm) de massa desprezível;
- um cronômetro;
- um transferidor de plástico.

Para a execução do experimento, iremos variar o comprimento do fio e calcular o período T de oscilação do pêndulo para três comprimentos. Para cada comprimento de fio, faremos dez medidas do período de oscilação $\bar{T}$ e em seguida, a média aritmética dada por:

$$\bar{T} = \frac{\sum_{i=1}^{N=10} T_i}{10} \quad (1)$$

Calculamos também, a dispersão da média dos valores dos períodos pela equação:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (T_i - \bar{T})^2}{n-1}}, \quad (2)$$

onde $n = 10$ e expressamos o resultado com $T = \bar{T} \pm \sigma$.

A partir dos valores de L e $\bar{T}$ para cada comprimento do fio, construímos o gráfico de L (m) x $\bar{T}$ (s) para verificar a relação do comprimento com o período de oscilação.

Temos que o período de oscilação de um pêndulo simples é:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{L}{g}} \quad (3)$$

Se elevarmos a equação (12) ao quadrado, temos que:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g}L \quad (4)$$

Podemos fazer a aproximação de:

$$y = ax, \quad (5)$$

onde $y = T^2$, $x = L$ e:

$$a = \frac{4\pi^2}{g} \quad (6)$$

Dessa forma, se construirmos um gráfico de L (m) x $\frac{T^2}{s^2}$ utilizando os valores que obtivemos das medidas, o valor de a será o coeficiente angular do gráfico. Com o valor do coeficiente angular do gráfico encontraremos o valor da aceleração da gravidade g local através da equação (6).

No segundo experimento, calculamos a constante elástica k da mola utilizando como materiais:

- duas molas;
- um copo plástico;
- bolas de gude de massas conhecidas;
- suporte de madeira;
- régua;
- um gancho (tipo anzol de pesca).

No caso das duas molas, fomos variando as massas das bolas de gude dentro do copo plástico e medindo os valores do comprimento L de cada mola. Com os valores de L , obtivemos o deslocamento X através da equação:

$$X = L - L_0, \quad (7)$$

onde L_0 é o comprimento inicial da mola na posição de equilíbrio, ou seja, quando $L = 0$.

Com os valores conhecidos das massas das bolas de gude, calculamos a intensidade da força peso, P , através da equação:

$$P = mg \quad (8)$$

Utilizamos o valor de $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ para a aceleração da gravidade (HALLIDAY, 2016b)

No equilíbrio do sistema massa-mola vertical, temos que a força resultante (F_{RES}) é nula, pois o sistema está em repouso em relação ao referencial que adotamos. As forças que atuam no sistema são a força peso (P) na direção vertical para baixo e a força elástica na direção vertical para cima (F_e)

No equilíbrio, temos que:

$$F_{RES} = 0 \quad (9)$$

$$F_e - P = 0 \quad (10)$$

$$P = F_e \quad (11)$$

A intensidade da força elástica é dada por $F_{el} = kX$, onde k é a constante elástica da mola e X é o deslocamento. Assim:

$$P = kX \quad (12)$$

Podemos fazer a aproximação de:

$$y = ax, \quad (13)$$

onde $y = P$, $x = X$ e:

$$a = k \quad (14)$$



Assim, com os valores do deslocamento X e da força peso, construímos o gráfico de $P(N) \times X(m)$ e através do coeficiente angular do gráfico encontramos o valor da constante elástica de cada mola.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para o Experimento I montou-se o aparato experimental constituído de uma pequena bola de gude de massa m presa em um fio (supostamente inextensível) de comprimento L . O fio foi preso em uma base no formato de cavalete, onde foi colocado um transferidor para ter maior precisão nas medidas e fazendo com que o ângulo não fosse maior do que 10° , em relação à posição de equilíbrio.

Foram utilizados três comprimentos de fio, sendo, $L_1 = 0,20$ m (20 cm), $L_2 = 0,40$ m (40 cm) e $L_3 = 0,60$ m (60 cm). Cabe destacar que quanto maior for o fio, mais confiáveis serão os dados obtidos. Essa confiabilidade se deve ao fato de que um fio de maior comprimento aumenta o período de oscilação (facilitando a medida do mesmo), além de possibilitar que utilizemos desvios bem “pequenos” da posição de equilíbrio, melhorando muito a aproximação de $\sin\theta \approx \theta$.

Neste experimento não é necessário conhecer a massa da bola de gude, basta apenas garantir que os efeitos do ar serão desprezíveis, testando o tipo de bola de gude que será utilizada. O aparato experimental usado está apresentado na Figura 1.



Figura 1 - Aparato experimental utilizado no experimento do pêndulo simples.

Com o experimento completamente montado, o pêndulo foi levemente deslocado de sua posição de equilíbrio em 10° , de modo a obtermos um pequeno ângulo de deslocamento, e colocado para oscilar. Com o auxílio de um cronômetro foi medido o tempo de 10 oscilações para cada comprimento. Em seguida, este tempo foi dividido por dez para termos

o valor do período de somente uma oscilação. Este procedimento foi repetido dez vezes.

Na Tabela 1, apresentamos os valores obtidos para os períodos de oscilação quando $L_1 = 20$ cm. O período médio de oscilação foi de $T_{\text{méd}} = 0,9296$ s. Calculamos a dispersão da média dos valores dos períodos utilizando a equação (1) e encontramos o valor de 0,010 que mostra que as nossas medidas estão próximas do valor médio encontrado para o período de oscilação (não ocorreu amplitudes grandes nos valores dos períodos).

Tabela 1 - Valores obtidos para os dez períodos de oscilação medidos e a média para $L_1 = 20$ cm.

Medidas	T (s)
1	0,947
2	0,916
3	0,919
4	0,936
5	0,937
6	0,923
7	0,929
8	0,931
9	0,918
10	0,940
$T_{\text{méd}}$	0,9296
$T_{\text{méd}} \pm \sigma$	$0,9296 \pm 0,010$

Na Tabela 2, apresentamos os valores obtidos para os períodos de oscilação quando $L_2 = 40$ cm. O período médio de oscilação foi de $T_{\text{méd}} = 1,2824$ s. Calculamos a dispersão da média dos valores dos períodos utilizando a equação (1) e encontramos o valor de 0,008 onde, não ocorreu amplitudes grandes nos valores dos períodos medidos.

Na Tabela 3, apresentamos os valores obtidos para os períodos de oscilação quando $L_3 = 60$ cm. O período médio de oscilação foi de $T_{\text{méd}} = 1,5677$ s. Calculamos a dispersão da média dos valores dos períodos utilizando a equação (1) e encontramos o valor de 0,017. Este é o maior valor de dispersão encontrado para as medidas dos períodos, mas, ainda assim, é um valor pequeno mostrando que não ocorreram grandes variações nas medidas individuais dos períodos em comparação com o valor médio.

Tabela 2 - Valores obtidos para os dez períodos de



oscilação medidos e a média para $L_2 = 40$ cm.

Medidas	T (s)
1	1,267
2	1,285
3	1,279
4	1,289
5	1,278
6	1,296
7	1,282
8	1,276
9	1,282
10	1,290
$T_{\text{méd}}$	1,282
$T_{\text{méd}} \pm \sigma$	$1,2824 \pm 0,008$

Na Tabela 4 apresentamos um resumo dos valores obtidos nas medidas dos períodos médios em relação aos comprimentos do fio. Podemos perceber que quando o comprimento do fio aumenta, o período de oscilação aumenta também. Essa relação era de se esperar, pois na equação do período de oscilação de um pêndulo simples existe uma dependência entre o período e o comprimento.

Com os valores da Tabela 4, construímos o gráfico de $L(m) \times T_{\text{méd}}(s)$ para analisar a dependência do período de oscilação com o comprimento do fio. A Figura 2 apresenta o gráfico de $L(m) \times T_{\text{méd}}(s)$. Podemos observar que à medida que o comprimento do fio L aumenta, o período de oscilação aumenta também, de acordo com a equação (3).

Tabela 3 - Valores obtidos para os dez períodos de oscilação medidos e a média para $L_3 = 60$ cm.

Medidas	T (s)
1	1,561
2	1,586
3	1,569
4	1,590
5	1,565
6	1,545

7	1,553
8	1,548
9	1,595
10	1,565
$T_{\text{méd}}$	1,5677
$T_{\text{méd}} \pm \sigma$	$1,5677 \pm 0,017$

Tabela 4 - Valores obtidos para os períodos de oscilação médio em relação aos comprimentos do fio.

L (m)	$T_{\text{méd}} \pm \sigma$
0,20	$0,9296 \pm 0,010$
0,40	$1,2824 \pm 0,008$
0,60	$1,5677 \pm 0,017$

De acordo com a equação (4), temos que:

$$T^2 = \frac{4\pi^2}{g} L \quad (15)$$

Dessa forma, temos que construir o gráfico de $L(m) \times (T_{\text{méd}}(s))^2$ e os valores estão resumidos na Tabela 5.

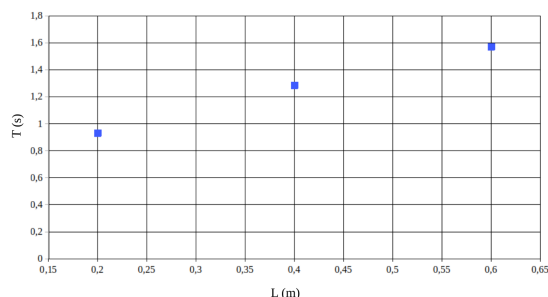


Figura 2 - Gráfico de $L(m) \times T_{\text{méd}}(s)$.

Tabela 5 - Valores obtidos para os períodos de oscilação médio ao quadrado em relação aos comprimentos do fio.

L (m)	$(T_{\text{méd}}(s))^2$
0,20	0,8642
0,40	1,6446
0,60	2,4577

A Figura 3 apresenta o gráfico de $L(m) \times (T_{\text{méd}}(s))^2$.

Podemos observar que à medida que o comprimento do fio L aumenta, o período de oscilação aumenta também, de acordo com a equação (3).

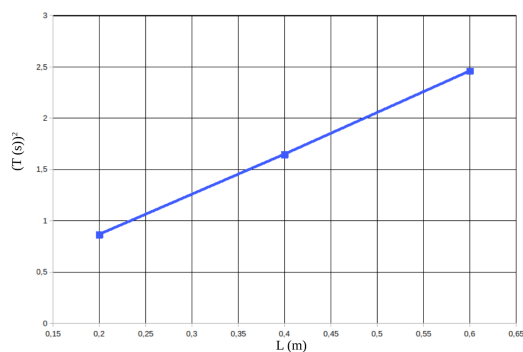


Figura 3 - Gráfico de L (m) x $(T_{méd} (s))^2$.

O coeficiente angular da reta do ajuste linear dos pontos será dado por:

$$tg\alpha = a = \frac{\Delta T^2}{\Delta L} \quad (16)$$

$$a = \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad (17)$$

$$a = \frac{2,4577 - 0,8642}{0,60 - 0,20} \quad (18)$$

$$a = \frac{1,6128}{0,40} \quad (19)$$

$$a = 4,032 \quad (20)$$

Calculamos o valor de g, substituindo o valor de a encontrado na equação acima na equação (6), ou seja:

$$a = \frac{4\pi^2}{g} \quad (21)$$

$$4,032 = \frac{4\pi^2}{g} \quad (22)$$

$$g = 9,79 \frac{m}{s^2} \quad (23)$$

Comparando este valor com o valor da aceleração da gravidade que se encontra na literatura no valor de $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ (HALLIDAY, 2016b), temos que a diferença entre os valores de gravidade é 0,01. Desse modo, temos que o experimento do pêndulo simples fornece um valor de aceleração da gravidade que é próximo do valor médio utilizado na literatura para objetos que se encontram na superfície da Terra.

O valor da aceleração da gravidade não é constante, dependendo da latitude e da altura acima do nível do mar. Como o planeta não é uma esfera perfeita, nos pólos, o valor de g atinge o seu valor mais alto (em torno de $9,83 \text{ m/s}^2$) e, no Equador, o mais baixo ($9,78 \text{ m/s}^2$) (HALLIDAY, 2016, p. 97).

O aparato experimental construído para a realização do experimento II está apresentado na Figura 4.

Na Figura 4 (a) o experimento foi realizado utilizando uma mola com uma rigidez menor do que a mola utilizada para o experimento da Figura 4 (b). Após montarmos o aparato experimental de forma

que a mola pudesse ficar na posição vertical, enquanto que na extremidade inferior foi colocado um suporte em formato de gancho para segurar o copo de plástico onde iria ser inserido as bolinhas de gude.

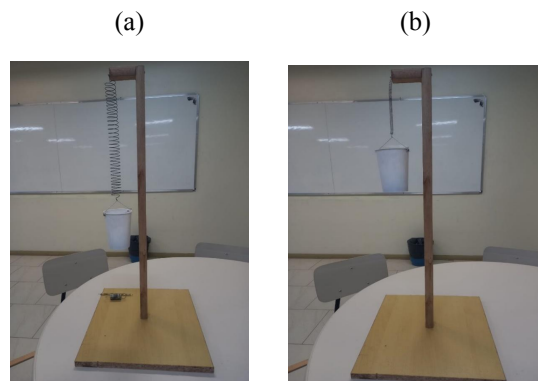


Figura 4 - Aparato experimental construído para o experimento II: (a) utilizando uma mola menos rígida e (b) utilizando uma mola mais rígida.

Inicialmente, medimos o comprimento da mola na posição de equilíbrio, ou seja, em seu estado natural. Encontramos o valor de $L_{o1} = 27,6 \text{ cm}$. Em seguida, fomos adicionando as bolinhas de gude, de duas em duas, que somadas possuíam uma massa de 25 g (a bola menor tinha uma massa de 5 g e a bola maior tinha uma massa de 20 g). Logo, colocamos primeiro 25 g, depois 50 g, 75 g, 100 g e 125 g. Para cada valor de massa, medimos o valor de L, ou seja, o comprimento que a mola se alongava. Com o valor de L, calculamos o deslocamento X da mola fazendo $X = L - L_{o1}$. Os valores obtidos estão resumidos na Tabela 6.

Tabela 6 - Valores obtidos de L (cm) e $X = L - L_{o1}$ para a primeira mola.

m (g)	25	50	75	100	125
L (cm)	30	31	32,4	34	35,8
X (cm)	2,4	3,4	4,8	6,4	8,2

Com os valores das massas em quilogramas (kg), calculamos a força peso (P) utilizando a equação (8) e o valor de $g = 9,80 \text{ m/s}^2$, para cada uma das massas. Os valores obtidos estão na Tabela 7.

Tabela 7 - Valores obtidos para a massa, a força peso e o deslocamento da primeira mola.

m (kg)	$P = F_{el} \text{ (N)}$	X (m)
0,025	0,245	0,024
0,050	0,490	0,034



0,075	0,735	0,048
0,100	0,980	0,064
0,125	1,225	0,082

Como a força peso é igual a força elástica (no equilíbrio), construímos o gráfico de $X(m) \times F_{el}(N)$ e com o ajuste linear dos pontos, encontramos o coeficiente angular da reta. A Figura 5 apresenta o gráfico.

O coeficiente angular da reta (três últimos pontos) forneceu o valor de 14,41 N/m para a constante elástica k da primeira mola.

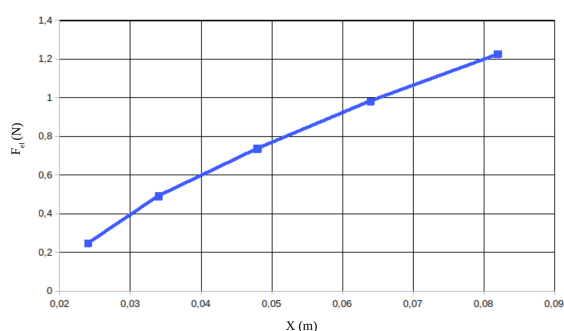


Figura 5 - Gráfico de $X(m) \times F_{el}(N)$ para a primeira mola.

Para a segunda mola, medimos o comprimento inicial como sendo de $L_{02} = 13,7$ cm. Como essa mola é mais rígida, aumentamos as massas a serem adicionadas para podermos observar a deformação da mola. Adicionamos uma bola grande (20 g) e cinco bolas pequenas de 5 g, cada uma. Logo, colocamos primeiro 45 g, depois 90 g, 135 g, 180 g e 225 g. Para cada valor de massa, medimos o valor de L , ou seja, o comprimento que a mola se alongava. Com o valor de L , calculamos o deslocamento X da mola fazendo $X = L - L_0$. Os valores obtidos estão resumidos na Tabela 8.

Tabela 8 - Valores obtidos de L (cm) e $X = L - L_0$ para a segunda mola.

m (g)	45	90	135	180	225
L (cm)	14	14,6	14,8	15,1	15,3
X (cm)	0,3	0,8	1,1	1,4	1,6

Podemos comparar os valores da deformação X da Tabela 8 com os da Tabela 6. Como a segunda mola é mais rígida, ela apresenta mais resistência à deformação e, devido a isso, os valores de X são menores para a segunda mola.

Com os valores das massas em quilogramas (kg), calculamos a força peso (P) e os valores obtidos estão na Tabela 9.

Construímos o gráfico de $X(m) \times F_{el}(N)$ e com o ajuste linear dos pontos, encontramos o coeficiente angular da reta. A Figura 6 apresenta o gráfico. O coeficiente angular da reta (três últimos pontos) forneceu o valor de 176,40 N/m para a constante elástica k da segunda mola.

Como a segunda mola era mais rígida do que a primeira mola, era esperado encontrar um valor de constante elástica desta mola bem mais alto do que da primeira mola. Além disso, podemos observar no gráfico da Figura 6 que a força elástica não está proporcional em todos os pontos do gráfico. Isso deve-se também ao fato de que estava difícil fazer as medidas da deformação da mola em função da sua rigidez.

Tabela 9 - Valores obtidos para a massa, a força peso e o deslocamento da segunda mola.

m (kg)	$P = F_{el} (N)$	X (m)
0,045	0,441	0,003
0,090	0,735	0,008
0,135	1,323	0,011
0,180	1,764	0,014
0,225	2,205	0,016

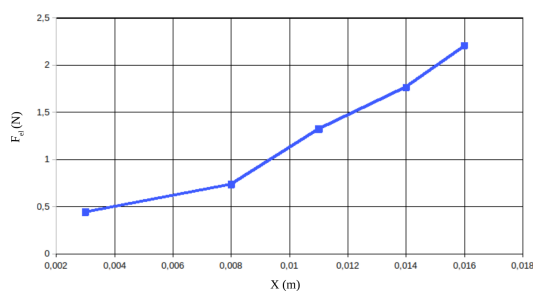


Figura 6 - Gráfico de $X(m) \times F_{el}(N)$ para a segunda mola.

CONCLUSÕES

O presente trabalho teve como objetivo a construção de dois experimentos relacionados a um tipo básico de oscilação, que é o Movimento Harmônico Simples (MHS) para o Laboratório de Matemática e Física da UNIPAMPA, campus de Itaqui, RS.

No primeiro experimento, utilizamos um pêndulo simples (formado por um corpo esférico de massa m , um fio de comprimento L e um aparato de madeira para prender o pêndulo) e calculamos o valor da aceleração da gravidade g . Como resultado,



encontramos o valor da aceleração da gravidade de $g = 9,79 \text{ m/s}^2$. Comparando este valor com o valor da aceleração da gravidade que se encontra na literatura no valor de $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ (HALLIDAY, 2016a), temos que a diferença entre os valores de aceleração gravidade é 0,01. Desse modo, temos que o experimento do pêndulo simples fornece um valor de gravidade que é próximo do valor médio utilizado na literatura para objetos que se encontram na superfície da Terra.

No segundo experimento, calculamos a constante elástica de duas molas diferentes utilizando uma mola, um copo plástico, bolas de gude e um aparato de madeira que prendia a mola. Com a variação das massas dentro do copo plástico determinamos a força peso e medimos a elongação da mola (x). Com os valores da força peso e da elongação construímos o gráfico da força pela elongação e determinamos o valor da constante elástica para cada mola. Como resultados, encontramos os valores de constantes elásticas de $k = 14,41 \text{ N/m}$ para a primeira mola e $k = 176,40 \text{ N/m}$ para a segunda mola, que estão de acordo com as características das molas, onde a primeira mola é bem menos rígida do que a primeira.

Dessa forma, através dos experimentos, obteve-se resultados satisfatórios, dentro do planejado, através da aplicação das equações do Movimento Harmônico Simples. Somado a isso, os experimentos foram bem aceitos pelos discentes da Universidade Federal do Pampa, principal público-alvo, e que posteriormente irão ter uma experiência marcante e proveitosa com os instrumentos que ficarão disponíveis no laboratório de Matemática e Física da universidade, agregando mais valor e conhecimento no estudo dos componentes curriculares de Física.

REFERÊNCIAS

EINSTEIN, Albert. **Como vejo o Mundo**. Tradução de H. P. de Almeida. Editora Nova Fronteira, 2016.

BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Tópicos de Física**, v. 1, 21ª ed. São Paulo: Saraiva Didático, 2021.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a Física**, v. 2., 2ª ed. São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Mecânica**, v 1, 10ª ed. LTC: Rio de Janeiro, 2016a.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentos de Física: Gravitação, Ondas e Termodinâmica**, v 2, 10ª ed. LTC: Rio de Janeiro, 2016b.

HAWKING, Stephen. **Breves Respostas para Grandes Questões**. Tradução Cássio de Arantes Leite. Editora Intrínseca, 2018.

PEREIRA, M. Experimentum. Disponível em:

<https://sites.google.com/site/experimentun/2a-lista-de-exercicios---conservacao-de-energia>. Acesso em 25 de julho de 2022.

SAYÃO, Caic Bernardo. **Proposta Pedagógica**, 2019. Disponível em: <https://cupdf.com/document/proposta-pedag-2019-7-29-a-proposta-pedaggica-do-caic-bernardo-sayo-.html?page=1>. Acesso em 31/05/2022.