

Capítulo IV – Open Tech: Prática Experimental Sobre Ondas Estacionárias Realizada na Disciplina de Física Geral e Experimental na Faculdade de Tecnologia SENAI Londrina.

Diego André Gil ¹⁴

Luis Gustavo F. Espontão ¹⁵

Adriana Giseli Leite Carvalho ¹⁶

Vicente de Lima Gongora ¹⁷

Antônio Carlos Rodrigues ¹⁸

1. INTRODUÇÃO

A física está presente em diversas situações do nosso cotidiano, sendo uma ferramenta de trabalho que auxilia no entendimento das causas e efeitos de diversos fenômenos. Existe uma tendência em evasão nos cursos superior em disciplinas desafiadoras, no qual a Física se enquadra. Na Faculdade de Tecnologia Senai Londrina busca-se fornecer conceitos fundamentais para a formação profissional do Engenheiro capacitando-o para compreensão dos fenômenos físicos e suas aplicações. Em meio as diversas estratégias realizadas em sala de aula na construção de um ambiente de aprendizagem mais eficiente, será apresentado uma delas na qual os alunos atingiram progressivamente o conhecimento.

A relação entre o estudo da física e a engenharia está diretamente relacionada a inovação tecnológica, sendo de grande importância para o desenvolvimento dos pais. A seguir são apresentados alguns exemplos de aplicação da física para o

¹⁴ Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

¹⁵ Discente do curso de Engenharia Elétrica da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina.

¹⁶ Especialização em Gestão da Produção. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: adriana.carvalho@sistemafiep.org.br

¹⁶ Doutorado em Engenharia Elétrica. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: vicente.gongora@sistemafiep.org.br

¹⁶ Especialização em Engenharia de Manutenção Industrial. Docente da Faculdade de Tecnologia Senai Londrina. E-mail: antonio.rodrigues1@sistemafiep.org.br

profissional da engenharia elétrica, com o objetivo de relacionar conceitos teóricos e práticos, propiciar a interpretação e análise dos dados obtidos nos experimentos.

2. DESENVOLVIMENTO

Os conteúdos relacionados envolve frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, interferência construtiva, interferência destrutiva, ressonância. Tendo como objetivo, Identificar e medir as frequências naturais de vibração de fios esticados entre duas extremidades fixas, determinar a dependência das frequências naturais de vibração comprimento do fio e relacionar a velocidade de propagação da onda com a tensão aplicada ao fio e com a densidade linear de massa dele.

A seguir serão conceituados alguns conceitos que foram de grande importancia para o desenvolvimento do trabalho. Entre eles, os os fenômenos oscilatórios que estão presentes em diversas formas na natureza e em várias áreas do conhecimento, como nas engenharias e tecnologias. Visando o ensino, o entendimento sobre o movimento harmônico simples vale destacar que apresenta um grande potencial em termos motivacionais.

Neste contexto, o movimento da massa em um pêndulo acontece pela ação restauradora da força peso e da tensão no fio. O pêndulo é um oscilador harmônico simples, cuja frequência angular de oscilação é descrita pela relação:

$$\omega = \sqrt{\frac{g}{l}}$$

A frequência angular é definida como $\omega = 2.\pi.\varpi$, sendo ω_0 a frequência natural de oscilação do pêndulo. Assim a frequência natural de oscilação do pêndulo ω_0 é estabelecida pelo par de parâmetros g e l , sendo g a aceleração da gravidade e l o comprimento do fio.

$$\varpi_0 = \frac{1}{2.\pi} \sqrt{\frac{g}{l}}$$

O movimento harmônico simples também está presente no sistema composto por uma massa m suspensa numa mola de constante elástica k . Este sistema possui frequência angular de oscilação descrita por:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Sendo a frequência natural ω_0 de oscilação do sistema massa-mola determinada pelo par de parâmetros k e m .

$$\omega_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Ao ser aplicado por um agente externo, um único pulso a um sistema oscilante, este oscilará em sua frequência natural com a amplitude da oscilação diminuindo até zero com o tempo, devido ao amortecimento. Ao ser aplicada uma sequência contínua de pulsos, o sistema oscila de modo forçado. São possíveis duas situações principais em um sistema com oscilações forçadas:

1) A frequência f dos pulsos aplicados pela fonte externa é bem diferente da(s) frequência (s) natural (ais), ω_0 de vibração do sistema;

2) A frequência f dos pulsos aplicados pela fonte externa é igual ou quase igual à(s) frequência(s) natural(ais), ω_0 de vibração do sistema. Na primeira situação o sistema oscila em uma frequência que não é nem f nem ω_0 , e as oscilações se manterão com pequena amplitude.

Na segunda situação, o sistema oscila com uma frequência igual f à ω_0 , e as oscilações atingirão grande amplitude, ocorrendo o fenômeno chamado ressonância. A ressonância acontece quando um sistema físico oscila de maneira forçada em sua frequência natural de oscilação, atingindo grande amplitude. Quanto a propagação de uma onda transversal, considera-se um sistema composto por um fio flexível esticado entre duas extremidades fixas. Aplicando por meio de uma fonte externa um único pulso em um dos pontos do fio esticado, toda a extensão do fio vibrará. A velocidade de propagação v do pulso transversal ao longo do fio é:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Sendo F a tração no fio e μ sua densidade linear de massa. Sendo aplicada uma sequência de pulsos, uma onda se propaga através do fio, com a frequência da fonte externa. A velocidade de propagação está relacionada com a frequência f através do parâmetro comprimento de onda λ , na forma:

$$v = \lambda \cdot f$$

Relacionando as equações se obtém:

$$v = v \rightarrow \lambda \cdot f = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \rightarrow f = \frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Esta relação permite associar a frequência f em com a força de tração F , a densidade linear μ do fio e o comprimento de onda λ . Sob condições apropriadas, a onda que se propaga no fio interfere construtivamente com a onda que é refletida no ponto de fixação da corda, formando ondas estacionárias no fio.

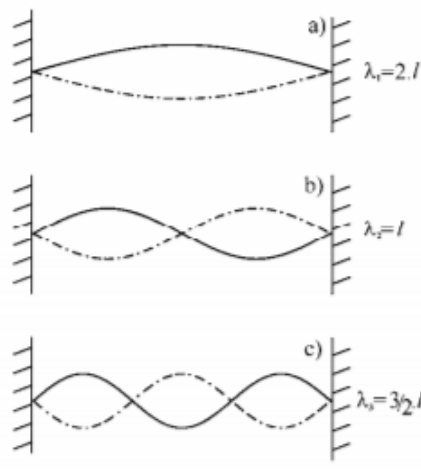
A formação de ondas estacionárias é caracterizada pela presença de nodos (nós) e antinodos (ventres) na corda esticada. Nos nodos, a amplitude de deslocamento lateral do fio é nula, enquanto nos antinodos a amplitude é diferente de zero. Atendidas as condições de interferência construtiva, o fio esticado é capaz de oscilar num grande número de frequências naturais ω_0 , chamadas harmônicos.

O n -ésimo harmônico possui n ventres e $n+1$ nós, sendo cada harmônico um modo normal de vibração do sistema. Entre os nodos das extremidades de fixação pode haver qualquer número de nós intermediários, sendo possível o comprimento da onda estacionária assumir muitos valores diferentes. Como a distância entre nós adjacentes é $\lambda/2$, em um fio de comprimento l haverá exatamente um número inteiro n de meios comprimentos de onda $\lambda/2$ (ou ventres), ou seja,

$$n \frac{\lambda}{2} = l \rightarrow \lambda = \frac{2 \cdot l}{n}$$

Sendo $n = 1, 2, 3...$ Considerando esta notação, as Figura 1a, 1b e 1c descrevem $n = 1$ com $\lambda_1 = 2l$, $n = 2$ com $\lambda_2 = l$, e $n = 3$ com $\lambda_3 = (\frac{2}{3})l$, respectivamente.

Figura 1. Diagrama com a indicação dos 3 primeiros harmônicos de ondas estacionárias em um fio com comprimento l .



Fonte: Do autor, adaptado (Hayt, 2004).

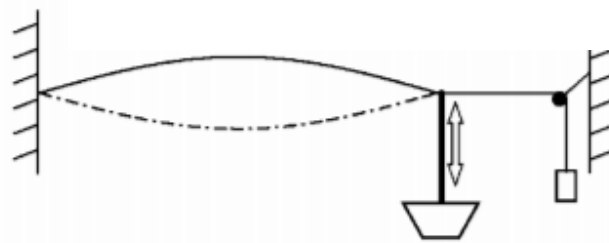
3. METODOLOGIA

O modelo experimental consiste em utilizar um fio que será esticado entre dois pontos de apoio fixos e posto para vibrar com frequência conhecida. São observadas as formações de interferência construtiva para diferentes comprimentos e densidade linear de fios. A montagem do experimento será descrita a seguir, identificado por partes práticas 1, 2, 3 e 4.

Parte Prática 1 – Dependência com a frequência

1. Montar o aparato experimental de acordo com o diagrama a seguir.

Figura 2. Diagrama de montagem experimental.



Fonte: Do Autor, 2021.

2. Conectar o gerador de áudio-freqüência (GAF) ao amplificador;
3. Conectar o alto-falante à saída do amplificador;
4. Fixar os dois suportes universais à bancada de trabalho, separados por uma distância de 120 cm;
5. Fixar uma haste metálica de 40 cm em cada suporte universal;
6. Fixar a haste metálica de 10 cm com furo no suporte da esquerda e a haste de 10 cm com roldana no suporte da direita;
7. Passar o fio de densidade linear média através da roldana, utilizando o grampo em forma de pino;
8. Fixar a extremidade do fio com o grampo reto em forma de pino ao orifício da haste de 10 cm. O comprimento do fio pode ser alterado, enrolando ou desenrolando o mesmo na haste;
9. Esticar o fio e pendurar a massa de tração de 100 g no gancho;
10. Ajustar a posição do alto-falante, fazendo com que a distância da haste do alto-falante à extremidade fixa do fio (comprimento l) seja de 60 cm;
11. Variar lentamente a freqüência do GAF, anotando o valor para cada harmônico encontrado;

Anotar valores obtidos em uma tabela, com colunas para o número de ordem n do harmônico e a freqüência de cada harmônico e sua incerteza.

Parte Prática 2 – Dependência com o comprimento do fio

13. Repetir os procedimentos 1 ao 9 da Prática 1, utilizando a massa de tração de 100g e o fio de densidade linear média;
14. Ajustar a posição do alto-falante, fazendo com que o comprimento l entre a haste fixa e o alto-falante seja de 20 cm;
15. Variar lentamente a freqüência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ($n = 1$);
16. Repetir os procedimentos 2 e 3 desta prática para o comprimento l igual a 40cm, 60cm, 80cm e 100cm;

Anotar os valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor do comprimento l e seu erro, a frequência f e seu erro.

Parte Prática 3 – Dependência com a força de tração

17. Repetir os procedimentos 1 ao 10 da Prática 1, utilizando o fio densidade linear média, o comprimento l de 60cm, e a massa de tração de 50g;

18. Variar lentamente a frequência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ($n = 1$);

19. Repetir os procedimentos 2 desta prática para o comprimento para a massa de tração sendo 100g, 150g, 200g e 250g;

Anotar valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor da massa e seu erro, o valor da frequência e seu erro.

Parte Prática 4 – Dependência com a densidade do fio

20. Repetir os procedimentos 1 ao 10 da Prática 1 utilizando o fio menor densidade linear, o comprimento l de 60cm, e a massa de tração de 100g;

21. Variar lentamente a frequência do GAF, anotando o valor para o primeiro harmônico ($n = 1$);

22. Repetir o procedimento 2 desta prática para os fios de maior densidade linear;

Anotar os valores obtidos em uma tabela, com colunas para o índice da medida, o valor da densidade linear μ do fio e seu erro, a frequência f e seu erro.

4. ANÁLISES E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

O propósito é apresentar uma abordagem teórica e experimental do conceito de MHS através de um modelo experimental, entende-se que além das equações são necessárias uma profunda análise e discussão do processo. Baseado em pesquisas, o modelo experimental foi desenvolvido e colocado em prática.

Roteiro proposto:

- ✓ A partir dos resultados da Prática 1, construir uma tabela (tabela I).
- ✓ Transcrever a Tabela I para um aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Construir um gráfico de $f(n)$ da dependência da frequência f com o número de ordem n (Gráfico 1), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação $b f = a \cdot x$, para obter a dependência da frequência com número de ordem do harmônico.
- ✓ A partir dos resultados da parte Prática 2, construir uma tabela (tabela II).
- ✓ Transcrever a Tabela II para o aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Acrescentar na Tabela II, uma coluna para o comprimento de onda (λ).
- ✓ Calcular o valor do comprimento de onda, sendo $\lambda = 2 \cdot l \cdot n$
- ✓ Construir um gráfico de $f(\lambda)$ da dependência da frequência f com o comprimento de onda (Gráfico 2), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação $b f = a \cdot x$, para obter a dependência da frequência com comprimento de onda.
- ✓ A partir dos resultados da Prática 3, construir a Tabela III.
- ✓ Transcrever a Tabela III para o aplicativo de tratamento de dados.
- ✓ Acrescentar na Tabela III, uma coluna para a força F de tração.
- ✓ Calcular o valor da força de tração na tabela III.
- ✓ A partir da Tabela III, construir um gráfico de $f(F)$ da dependência da frequência f com a força de tração no fio (Gráfico 3), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.

- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação $b f = a.x$, para obter a dependência da frequência com a força de tração no fio.
- ✓ Obter os parâmetros a e b de um ajuste linear do gráfico do $\log(f)$ versus $\log(F)$.
- ✓ A partir dos resultados da Prática 4, construir a Tabela IV.
- ✓ A partir da Tabela IV, construir um gráfico de $f(\lambda)$ da dependência da frequência f com a densidade linear do fio (Gráfico 4), colocando as barras de erro nos pontos experimentais obtidos.
- ✓ Ajustar os pontos experimentais com a equação $b f = a.x$, para obter a dependência da frequência com a força de tração no fio.
- ✓ Obter os parâmetros a e b de um ajuste linear do gráfico do $\log(f)$ versus $\log(\mu)$;
- ✓ Correlacionar os resultados dos ajustes com a equação (7), e escrever a dependência da frequência e da velocidade de propagação com os parâmetros n, λ, F e μ
- ✓ Comentar os resultados obtidos.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foi proposto pelo docente da disciplina, o desafio de realizar uma pesquisa bibliográfica sobre alguns macrotemas da Física Geral e Experimental, de forma a identificar assuntos de maior interesse do grupo a fim de motivá-los avançar no tema; e na, sequência estabeleceu-se um roteiro experimental prático.

Para o êxito do aprendizado, o docente em uma abordagem metodológica de mediação propos aos alunos uma determinada estrutura de trabalho teórico, onde os alunos puderam pesquisar, criar e desenvolver procedimentos para a prática experimental, com situações experimentais, onde a coerência da teoria e da prática implementada pudesse ser verificada.

Neste contexto, ao envolver teoria e prática, o roteiro elaborado, tomou como base autores, tais como: HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J. ; e, TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene; o que, possibilitou o entendimento de que alguns detalhes deveriam ser incluídos e outros melhor explicados.

Ao chegar na versão final, os demais colegas de turma, participaram das prática laboratorial e utilizaram o roteiro, por eles desenvolvido, de forma a comprovar se a estrutura proposta, estava coerente para que outros alunos pudessem desenvolver o método criado, e desta forma reproduzindo o experimento.

Vale ressaltar e observado nesta atividade, a grande importância da realização de práticas laboratoriais que permitam a construção significativa do conhecimento, e que disponibilizando, um procedimento bem elaborado, resultou em um aprendizado efetivo. Tal foi o êxito, do método que os discentes propuseram organizar, um seminário de apresentação, com a participação de toda a turma apresentando a relação e o sentido da teoria e prática.

REFERÊNCIAS

ALVARENGA, B., MÁXIMO, A. Curso de Física. V. I,II,III, ed. Editora Scipione, 2000

DOMICIANO, J. B., Juraltis K. R., “Introdução à Física Experimental”, Departamento de Física, Universidade Estadual de Londrina, 2003.

BAUER, Wolfgang; WESTFALL, Gary D.; DIAS, Helio. Física para universitários: mecânica Porto Alegre: AMGH, 2012. 416 p. ISBN 978-85-8055-094-8

FEYNMAN, Richard Phillips et al. Feynman: lições de física. Porto Alegre: Bookman, 2008.

HALLIDAY, D., Resnick, R., Walker, J. – “Fundamentos de Física 2” - São Paulo: Livros Técnicos e Científicos Editora, 4a Edição, 1996.

NUSSENZVEIG, H. M. – “Física Básica” – 2ª ed. - vol. 1 - Ed. Edgard Blücher Ltda – 1981- p. 202.

TIPLER, Paul Allen; MOSCA, Gene. Física para cientistas e engenheiros. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. 759 p. ISBN 978-85-216-1710-5