

O Ensino dos Fenômenos Ondulatórios Mecânicos: um estudo sobre os experimentos propostos em livros didáticos de Física do Ensino Médio

Kenia Regina Streich¹, Kirsti Emeli Streich², Luiz Fernando M. Morescki Jr.³

¹Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Estudante de Licenciatura em Física, Campus Jaraguá do Sul/Centro, kenia.streich@gmail.com

²Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Estudante de Licenciatura em Física, Campus Jaraguá do Sul/Centro, Kirsti.streich@gmail.com

³Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), Professor de Física, Campus Jaraguá do Sul/Centro, luizm@ifsc.edu.br

RESUMO

O livro didático é, por vezes, a única ferramenta disponível ao professor da rede pública de educação básica no Brasil. Esse fenômeno é ainda mais comum na disciplina de Física, que é ocasionalmente lecionada por professores com lacunas em sua formação ou, ainda, formados em outras áreas de conhecimento. Nesses casos, os docentes frequentemente veem no livro didático a solução para suas dificuldades, o que pode levá-los a limitarem-se ao uso dessa ferramenta pedagógica. Soma-se o que diversas pesquisas têm mostrado: o ensino e aprendizagem de Física tornam-se potencialmente mais significativos quando há a conciliação entre o cotidiano do estudante, a experimentação e o conteúdo trabalhado em sala de aula. Desse modo, a proposição de experimentos nos livros didáticos pode contribuir para a melhora no ensino de Física. À vista disso, este trabalho objetiva investigar os experimentos que envolvem os fenômenos ondulatórios mecânicos que são propostos nos livros didáticos de Física para o Ensino Médio, indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018. Para isso, utilizaram-se o método bibliográfico e o experimental, pois inicialmente realizou-se a prospecção de experimentos sobre ondulatória mecânica presentes nos livros didáticos analisados (tanto no livro do aluno, como no manual do professor); em seguida, esses procedimentos foram reproduzidos analisando-se a sua execução, a fim de estabelecerem-se considerações e observações sobre eles. Por fim, evidencia-se que a escolha apropriada do livro didático de Física para cada instituição escolar, visto que cada localidade possui suas especificidades, é um elemento importante para contribuir na qualidade do processo de ensino e aprendizagem.

Palavras-Chave: Ensino de Física; Ondulatória; Livro Didático.

Introdução

O livro didático que durante muito tempo foi um símbolo da soberania nacional (CHOPPIN, 2004) é um importante instrumento pedagógico que, segundo Siganski, Frison e Boff (2008, p. 1) vêm “assumindo um papel importante na práxis educativa, tanto como instrumento de trabalho do professor, quanto como único objeto cultural ao qual a criança

tinha acesso no final do século XIX e início do século XX”. Os livros escolares podem assumir diferentes funções, as quais variam com “o ambiente sociocultural, a época, as disciplinas, os níveis de ensino, os métodos e as formas de utilização” (CHOPPIN, 2004, p.553). No Brasil, o livro didático foi instituído pelo Decreto-Lei nº 1.006 de 1938, que estabelece as condições de produção, importação e utilização desse material, além de criar a Comissão Nacional do Livro Didático (CNLD) com competência para a avaliação e pré-seleção dos livros, tendo como referência as Diretrizes Curriculares da época (BRASIL, 1938).

Em 1985 é criado o Programa Nacional de Livros Didáticos (PNLD) que tem como principal finalidade melhorar a qualidade do ensino básico, por meio da distribuição gratuita de livros didáticos (previamente aprovados) para a rede pública de educação. Observando-se a necessidade da participação dos docentes e das instituições de ensino na escolha dos livros que seriam adotados; criou-se em 1995 o Guia de Livros Didáticos, a partir do qual o governo avalia uma série de obras e seleciona-as com base na qualidade de suas abordagens teóricas e metodologias diferenciadas. Desse modo, o Guia de Livros Didáticos disponibiliza, a cada quatro anos, um conjunto de obras indicadas para cada disciplina escolar e é a partir disso que os professores do sistema público de educação podem escolher o livro que melhor se adapta ao seu contexto institucional e à realidade de seus estudantes (MENEZES; SANTOS, 2001; SANTOS, 2011). A partir de meados do século XX, o livro didático passa a ser considerado uma das principais e únicas ferramentas de auxílio para o professor e aluno da rede pública de educação (FRISON et al, 2009).

Conforme defendem Santos e Martins (2011), a partir das décadas de 1970 e 1980 os livros didáticos assumiram um papel diferenciado, impulsionado pelo contexto educacional de desqualificação profissional frequente dos professores; tornando-se muitas vezes, uma ferramenta indispensável de trabalho. A importância atribuída ao livro didático em alguns contextos gera um cenário no qual este determina os conteúdos que serão ensinados e as estratégias para isso. Entretanto, esse recurso didático não pode ser tomado como única ferramenta de formação/ensino, uma vez que nem sempre está conectado à realidade em que o aluno está inserido; ainda que seja considerado uma ferramenta agenciadora de conhecimentos capaz de estimular o aprendizado e a formação do senso crítico no estudante (SANTOS; MARTINS, 2011; SIGANSKI; FRISON; BOFF, 2008).

Estudos têm apontado que o ensino de Física se torna potencialmente mais significativo quando o conteúdo que está sendo ensinado em sala de aula é contextualizado e relacionado diretamente ao cotidiano do estudante, facilitando assim a visualização da aplicabilidade do que é estudado. Do mesmo modo, o uso de experimentos, além de ilustrar e reproduzir fenômenos estudados pode despertar maior interesse do estudante para aprender determinado conteúdo. Portanto, é desejável que os livros didáticos empregados no sistema público de educação tenham, inseridos em sua estrutura, algumas sugestões de atividades diferenciadas, como formas de contextualização dos conteúdos nele apresentados, pois se acredita que

O desenvolvimento de habilidades e o estímulo ao surgimento de novas aptidões tornam-se processos essenciais, na medida em que criam as condições necessárias para o enfrentamento das novas situações que se colocam. Privilegiar a aplicação da teoria na prática e enriquecer a vivência da ciência na tecnologia e destas no social passa a ter uma significação especial no desenvolvimento da sociedade contemporânea (BRASIL, 2000. p. 15).

Logo, o ensino de Ciências da natureza (Química, Física e Biologia) no Ensino Médio pode recorrer a diversos recursos para melhorar a aprendizagem, como por exemplo, a experimentação e a demonstração experimental. A pesquisa de Yabuki (2014) e de Pereira, Bezerra e Silva (2017) expõem que a experimentação agregada ao estudo de novos conceitos, facilita aos alunos maior compreensão, aprendizado e absorção do conteúdo trabalhado. Sendo assim, almeja-se que nos livros de Física do Ensino Médio, sejam sugeridas demonstrações e ensaios experimentais que possam auxiliar o professor no planejamento de uma aula dinâmica e proveitosa para ambas as partes (professor e estudante).

Conforme exposto por Neves (2015, p. 1) “muitas vezes, o conteúdo de Física é exposto de maneira repetitiva e com inúmeros exercícios que utilizam equações matemáticas, sem sentido aparente para o aluno, privilegiando a memorização e não seu raciocínio crítico”; fator este que aumenta o aborrecimento dos estudantes com a disciplina de Física. Dessa forma, acredita-se que as atividades experimentais aliadas aos saberes teóricos podem estimular a criatividade, a participação e a curiosidade dos alunos, além de prepará-lo para o enfrentamento e a resolução de problemas futuros, como a troca de um chuveiro, por exemplo.

Além disso, as atividades de demonstração podem servir como ótimo recurso para a ilustração de aspectos Físicos abstratos, tornando-os mais perceptíveis (ARAÚJO; ABIB, 2003). As atividades experimentais,

[...] podem ser enriquecidas adotando-se uma postura mais flexível, que possibilite a introdução de outros elementos e métodos, como discussões que propiciem reflexões críticas acerca dos fenômenos estudados e da estrutura de funcionamento dos equipamentos utilizados, bem como dos elementos e fatores que influenciam o experimento e que podem acarretar eventuais discrepâncias entre os resultados observados experimentalmente e as previsões teóricas que se pretendia verificar (ARAÚJO; ABIB, 2003. p. 181).

Partindo-se do pressuposto de que são apresentados procedimentos experimentais nos livros didáticos de Física usados na rede brasileira de educação pública, surge o questionamento: que experimentos são propostos sobre os fenômenos de ondulatória mecânica em livros didáticos de Física para o ensino médio, indicados pelo Programa Nacional de Livro Didático de 2018? Diante disso, o objetivo deste estudo é investigar os experimentos pertinentes às ondas mecânicas propostos nos livros de Física do ensino médio selecionados pelo Programa Nacional de Livros Didáticos de 2018.

Procedimentos Metodológicos

De acordo com Severino (2007, p.123), esta pesquisa é exploratória, visto que este tipo de estudo é caracterizado pelo levantamento de “informações sobre um determinado objeto, delimitando assim um campo de trabalho, mapeando as condições de manifestação desse objeto”. Na presente pesquisa, o objeto de estudo e de campo de trabalho são os experimentos existentes nos livros didáticos de Física do ensino médio propostos pelo PNLD de 2018.

Foram analisados os livros de volume 2 (dois) de todas as coleções sugeridas no Plano Nacional de Livros Didáticos de 2018 (PNLD 2018), totalizando, assim, 12 (doze) obras investigadas. Em cada Livro direcionado aos estudantes realizou-se uma busca direcionada aos experimentos existentes nos capítulos que tratavam sobre as ondas mecânicas. De maneira concomitante analisaram-se, também, os tópicos equivalentes aos capítulos (ondas mecânicas) no manual do professor. A Tabela 1 especifica os temas relativos às ondas mecânicas que foram analisados em cada um dos doze livros.

Tabela 1 – Fenômenos ondulatórios a serem explorados nos livros didáticos de Física do ensino médio.

Fenômeno ondulatório	Breve descrição
Ondas em uma corda	Estuda o movimento de propagação de uma onda por intermédio de uma corda a partir de uma perturbação no meio (pulso).
Ondas em superfícies líquidas	Estuda a propagação de uma onda sobre um plano líquido a partir de um pulso aplicado.
Ondas Sonoras	Estuda o modo e o meio de propagação das ondas sonoras e como estas se comportam em determinadas situações com condições controladas.

FONTE: Elaborado pelo autor com base em MARTINI *et al*, 2016.

Após a sondagem, os experimentos (que não demandavam a compra de material, visto que este é um dos motivos mais citados pelos professores como obstáculo para a execução de experimentos e demonstrações em sala de aula) encontrados nos livros foram reproduzidos e investigados. Já os experimentos que demandavam a aquisição de materiais foram analisados e avaliados com base na forma de apresentação no livro didático, ou seja, se havia: uma introdução ao experimento, a descrição do procedimento, a proposta de discussões e questionários. A partir das reproduções dos experimentos foi possível atribuir-lhes notas a partir da análise: do número de conceitos envolvidos na explicação do fenômeno evidenciado; do custo aproximado demandado pelo experimento; da disponibilidade dos materiais (facilidade de obtenção); e por fim, o tempo médio demandado para a execução.

A partir destes parâmetros foram realizadas considerações sobre possíveis melhoras e dificuldades encontradas durante a reprodução dos ensaios sugeridos nos livros, ponderando-se, também, sobre a forma de apresentação, discussões e contextualizações dos procedimentos. Portanto, cada experimento recebeu uma nota entre 1 e 4 (sendo a nota 4 excelente, nota 3 bom, nota 2 regular e a nota 1 ruim) equivalente a cada parâmetro. A partir dessas notas, calculou-se uma média aritmética que foi considerada a nota final do ensaio.

Entende-se por um experimento viável, portanto, aquele que possui: custo acessível (ou mesmo nenhum custo); materiais de fácil localização e compra; e que demande tempo médio de desenvolvimento não superior a 35 minutos. A justificativa para a escolha do tempo limite de trinta e cinco minutos deve-se ao fato de que a duração das aulas do ensino médio são de 40min (noturno) ou 45min (diurno) e é interessante que o experimento seja realizado completamente em apenas uma aula.

Resultados e Discussões

A partir da exploração dos livros de Física sugeridos no PNLD 2018, foi possível observar grande variedade e quantidade de experimentos que envolvem os fenômenos de ondas mecânicas, como pode ser observado na Tabela 2. Dessa forma, a partir da enumeração dos experimentos nos livros, coletaram-se os dados necessários sobre cada proposta, e depois às suas repetições.

Tabela 2 – Número total de experimentos encontrados em cada livro de Física.

Autores do Livro*	Nº do livro	Nº de Experimentos	
		Livro do Aluno	Guia do professor
BARRETO; XAVIER	1	6	0
GONÇALVES FILHO; TOSCANO	2	0	0
VÁLIO <i>et al.</i>	3	4	1
GASPAR	4	3	0
GALTER; DOCA; BÔAS	5	3	2
POGIBIN <i>et al.</i>	6	4	0
MÁXIMO; ALVARENGA; GUIMARÃES	7	2	0
TORRES, <i>et al.</i>	8	2	2
BONJORNO, <i>et al.</i>	9	3	2
CARRON; GUIMARÃES; PIQUEIRA.	10	2	3
FUKE; KAZUHITO.	11	1	2
MARTINI, <i>et al.</i>	12	2	1
TOTAL	12	32	13

*As referências completas dos livros podem ser encontradas nas Referências Bibliográficas.

FONTE: Elaborado pelo autor.

Como pode ser observado na Tabela 2, foi encontrado um total de quarenta e cinco experimentos/demonstrações em todos os livros de Física (tanto no livro do aluno como no guia do professor) recomendados pelo PNLD 2018, sendo que vários experimentos são semelhantes, ou mesmo iguais, mas localizados em livros diferentes. Desse modo, o número de experimentos, sem considerarem-se as repetições, foi de 31 em relação ao total. Destaca-se ainda que somente um livro (Livro 2) não apresentou nenhuma sugestão de prática experimental (seja no livro do aluno ou no manual do professor), o que pode ser explicado

pela inexistência de um capítulo sobre ondas mecânicas, uma vez que esse livro possui apenas um capítulo dedicado às ondas eletromagnéticas.

Importa destacar que os experimentos e sugestões existentes no guia do professor não são acessíveis aos estudantes, e tem como objetivo auxiliar o docente no planejamento de uma aula. Chama a atenção o fato de existirem experimentos apresentados nos livros dos alunos que são retomados no guia do professor, mas com uma abordagem mais profunda, a qual explica os fenômenos de cada etapa do experimento; os fenômenos que são observados; e as suas explicações científicas. Quando há a sugestão de um questionário ou discussão no experimento do livro do aluno, o manual traz as respostas das perguntas e propõe como o professor pode proceder na discussão do procedimento.

Análise dos livros

Todos os livros foram analisados da mesma forma, contudo, o objetivo desta seção é citar as considerações mais relevantes feitas sobre alguns experimentos.

O livro 3 possui, em sua estrutura, subdivisões destinadas à experimentação, chamadas de “Seção Laboratório”, onde são apresentadas descrições detalhadas dos procedimentos necessários para a realização do ensaio que é proposto no tópico. Aponta-se também, como diferencial desta obra, o levantamento de questões para discussão, investigação e reflexão direcionadas aos experimentos e à teoria que os explica e fundamenta. Algumas das demonstrações experimentais localizadas neste livro foram: “produzindo ondas na água com lápis”; “produzindo ondas na água com uma régua”; “produzindo ondas na água com ventilador”; “telefone com fio”. De modo geral, estes procedimentos são simples, mas quando trabalhados de maneira crítica (como o livro sugere ao propor questões de reflexão), a aprendizagem pode tornar-se mais significativa.

Observou-se, durante a análise dos capítulos de ondulatória mecânica nos livros didáticos de Física, que o uso de experimentos simples para a criação de ondas sobre a água é contextualizado com as ondas do oceano, ou com a perturbação na água quando se joga uma pedra na lagoa. Além disso, foi possível verificar-se que o experimento de produção de ondas mecânicas na água foi apresentado na maioria dos livros estudados.

O livro 5 discorre sobre três experimentos; em cada uma das propostas há uma lista de questionamentos que devem ser respondidos no decorrer da prática, além das situações problema que promovem reflexão e esforço do estudante. Entende-se que a proposição dessas

atividades atreladas ao experimento promove o melhor aproveitamento do ensaio. O guia do professor desse livro, por sua vez, apresenta tópicos denominados “Algo a mais”, nos quais são descritos possíveis experimentos e demonstrações que o professor pode realizar em sala de aula como forma de ilustração do conteúdo que está sendo lecionado, mas também como forma de elucidação de dúvidas. Já o Livro 9 sugere, no decorrer do conteúdo, possíveis demonstrações, as quais podem ser fundamentais para que o estudante compreenda de maneira concreta o fenômeno que está sendo estudado. O cálculo da velocidade do som no ar, por exemplo, pode ser realizado a partir do uso de materiais recicláveis, partindo-se deste livro como fundamento. O guia do professor, por sua vez, cita um exemplo que o professor pode utilizar em sala de aula para ilustrar um fenômeno abstrato: enfileirando-se um jogo de dominós e em sequência dando um leve empurrão na primeira peça da fila, se iniciará o movimento de queda sequencial de todas as peças. O uso deste exemplo pode ser feito para demonstrar que o transporte de energia através da propagação de uma onda mecânica não transporta matéria necessariamente, pois a energia aplicada na primeira peça foi transferida até a última, mas durante o processo a primeira peça (matéria) não se moveu para outra posição.

O livro de número 12 apresenta seu capítulo sobre ondas mecânicas, com duas possíveis demonstrações. A primeira é o estudo da refração de ondas em líquidos, que pode ser verificada utilizando-se uma cuba/bacia com duas profundidades diferentes. Através desse experimento, é possível observar que, na região mais funda, a distância entre as cristas das ondas é menor, ou seja, a frequência de propagação das ondas é maior na região mais profunda em relação à região mais rasa. Já a segunda sugestão experimental consiste na utilização de uma mola simples, como as do tipo Slinky (mola de brinquedo) para as visualizações da propagação de pulsos (perturbações) em meios materiais e para a formação de ondas estacionárias. Destaca-se ainda, que no guia do professor deste livro, a importância da experimentação/demonstração/investigação é reforçada na discussão de tópicos denominados “Investigar é preciso – Atividade Experimental”, nos quais são apresentadas diversas alternativas de simuladores on-line de experimentos e fenômenos, o que contribui para o uso da tecnologia (tão presente na vida dos jovens) na escola.

A partir da análise dos livros, especialmente na seção dedicada à orientação dos professores, se constatou que a experimentação é defendida como ponto chave para a

compreensão de conteúdos abstratos por parte dos estudantes, como pode ser evidenciado na citação a seguir, extraída do manual do professor do livro 7:

as atividades experimentais podem desempenhar funções essenciais na construção e absorção do conhecimento, além de desenvolver capacidades de investigação. É de grande importância para o estudante observar, elaborar hipóteses, estimar, medir, avaliar, comparar e interpretar dados e resultados, para apropriar-se do processo científico (MÁXIMO; ALVARENGA; GUIMARÃES, 2017. p. 268).

Além disso, se verificou que, na maioria dos livros, os ensaios sugeridos referem-se a situações ou fenômenos do cotidiano do aluno e do professor, o que contribui diretamente para a interpretação e contextualização de conteúdos, pois o estudante, por si só, consegue relacionar o que é estudado com uma situação conhecida de sua vida pessoal.

Análises dos experimentos

O Quadro 1 apresenta a relação dos experimentos encontrados nos livros didáticos de Física estudados, as suas respectivas notas e o local (Livro do aluno ou Manual do professor) em que o procedimento foi encontrado.

Experimento	Livro do aluno	Manual do professor	Nota Final
Propagação de ondas sonoras na água utilizando um gerador de ondas	X		2
Notas musicais a partir de tubos com diferentes níveis de água (repetiu 3x)	X	X	4
Visualização de ondas sonoras a partir de um diafragma caseiro	X		4
Telefone com fio (repetiu 6x)	X		4
Identificação de vales e cristas		X	3
Propagação de ondas em uma bacia de água (repetiu 3x)		X	4
Ondas Estacionárias	X		3
Sino com copo de plástico	X		4
Materiais básicos para o estudo de ondas e som		X	2
Determinação da velocidade do som no ar		X	3
Demonstração de refração de ondas (repetiu 2x)	X		4
Verificação do fenômeno de ressonância	X		4
Estudando os tubos sonoros	X		4
Molas, cordas e cuba de ondas (repetiu 2x)		X	4
Propagação através de diferentes materiais (repetiu 2x)	X		4
Molas para demonstração de ondas (repetiu 2x)		X	4
Demonstração de frente de ondas com uma bacia	X		4
Calculando a velocidade do som no ar	X		2
Transporte de energia sem o transporte de matéria: dominó (repetiu 2x)	X	X	4
Oscilação de uma régua	X		4
Investigue você mesmo: Chocalho	X		3

Transmissão de vibração de um corpo para outro		X	3
Corda Vibrante	X		2
Reflexão, refração e difração de ondas		X	4
Interferência de ondas		X	4
Ondas estacionárias com uma mola		X	4
Mas afinal, o que é uma onda?	X		4
Difração de ondas	X		4
Ondando corda	X		4
Propagação de ondas sonoras através de diferentes materiais	X		3
Construa seu próprio relógio de pêndulo		X	3

Quadro 1 – Relação dos experimentos sobre ondulatória mecânica analisados.

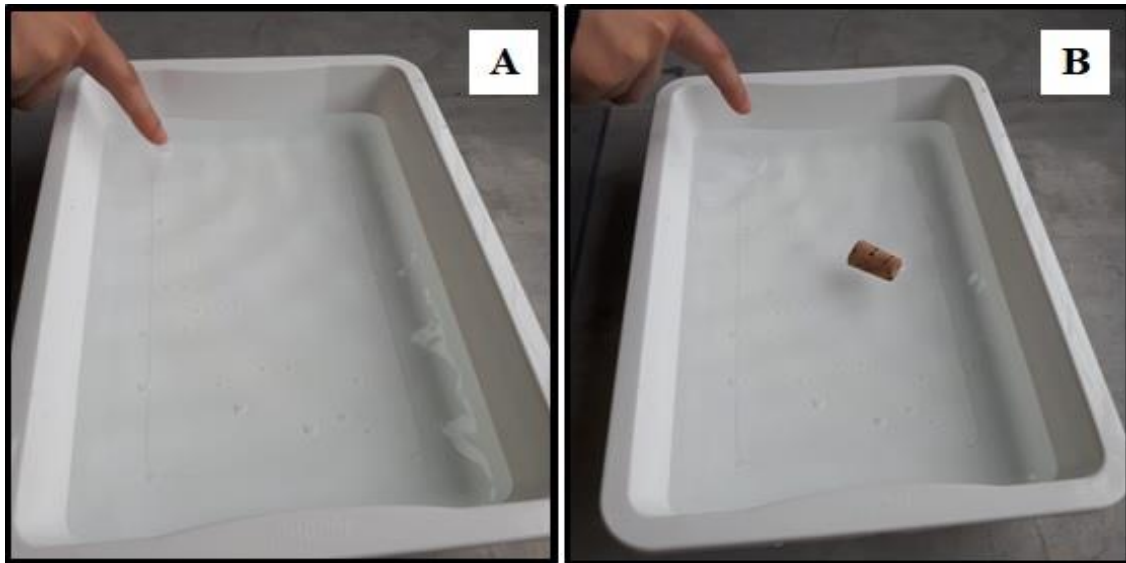
FONTE: Elaborado pelo autor.

Ressalta-se que a nota final atribuída a cada experimento partiu de sua reprodução e posterior avaliação com base em quatro parâmetros (custo, tempo de execução, acessibilidade aos materiais necessários e a quantidade de conceitos relacionados).

Experimentos como: o telefone com fio, a demonstração de fenômenos ondulatórios com molas e em cubas d'água, a observação dos fenômenos de ressonância a partir de instrumentos musicais, foram citados e descritos em vários livros (Quadro 1). Os experimentos analisados, de uma maneira geral, abrangem os seguintes conceitos: o que é amplitude, frequência, comprimento de onda; a reflexão, refração e difusão das ondas sonoras; a produção de diferentes notas musicais; quais as características de uma onda mecânica; propagação das ondas sonoras em diferentes materiais; produção de ondas estacionárias, etc.

Esta seção do artigo não tem como objetivo explicar e discutir todos os experimentos encontrados nas obras analisadas, apenas alguns dos procedimentos mais citados e de simples montagem e execução. Diante disso, a Figura 1 mostra a reprodução do experimento para observação da propagação de ondas mecânicas em superfícies líquidas, como no caso da imagem 1^a; enquanto a 1B demonstra que a propagação dessas ondas na água transporta energia, mas a matéria (rolha de cortiça). Através deste ensaio, podem ser explorados e explicados os conceitos de crista, vale, frente de onda, frequência, comprimento de onda, interferência etc.

Figura 1 – Experimento para observação da propagação de ondas em superfícies líquidas (A) sem que haja o transporte de matéria (B).



FONTE: Arquivo do autor.

A Figura 2, por sua vez, exibe os registros da reprodução de um experimento que relaciona o comprimento livre da régua com a frequência de suas oscilações (Figura 2A) quando sujeita a uma perturbação em sua extremidade. Na Figura 2B pode-se observar que o comprimento livre de régua é menor do que na Figura 2C. Como consequência, quando a ponta livre da régua sofre uma perturbação será possível verificar que no caso da Figura 2B a frequência (número de oscilações por unidade de tempo) de oscilação será maior do que no caso da Figura 2C que terá frequência menor. Desse modo, este simples procedimento pode auxiliar na explicação de conceitos de amplitude e frequência.

Figura 2 – Verificação da relação entre o comprimento livre de uma régua e sua frequência de oscilação.

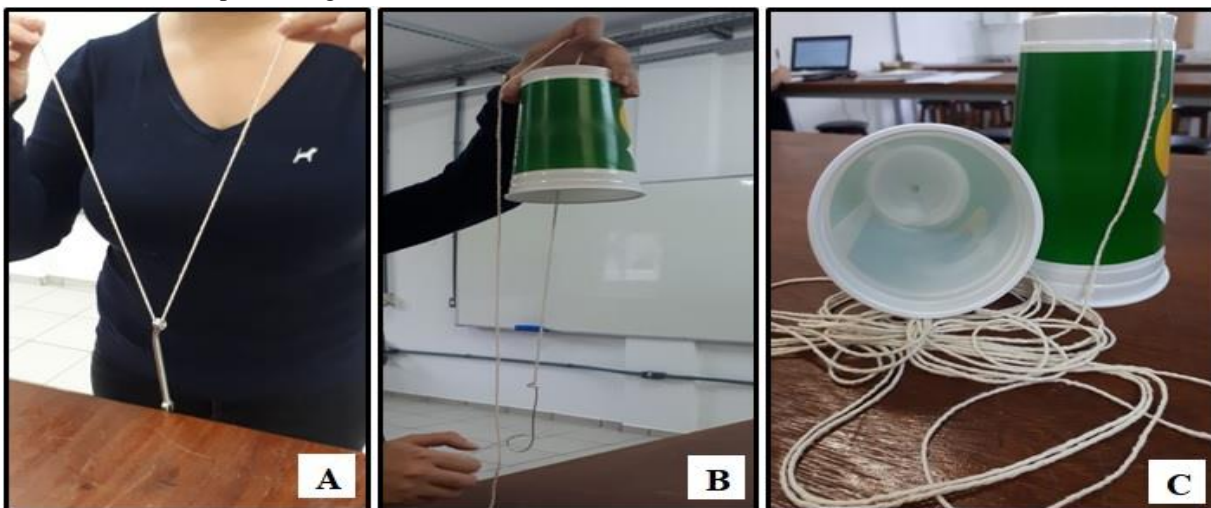


A- Montagem experimental; **B** – Verificação da frequência de oscilação com uma pequena parte de régua livre; **C** – Verificação da frequência de oscilação com uma parte maior de régua livre.

FONTE: Arquivo do autor.

A Figura 3 retrata três experimentos diferentes, mas com um objetivo comum: evidenciar e verificar a propagação do som (ondas sonoras) em cordas (meios materiais). O primeiro deles (3A) consiste em bater um metal (suspenso por um barbante), contra uma superfície rígida, como uma mesa, por exemplo. Deve-se provocar o impacto entre o metal e a mesa, atentando-se para o som emitido. Posteriormente, repete-se o procedimento de colisão, mas desta vez com as pontas dos barbantes – no qual o metal está preso – posicionadas próximo dos ouvidos. O som ouvido por ambos os processos é distinto, uma vez que, sem aproximar-se o barbante dos ouvidos, o som que chega aos ouvidos é propagado predominantemente através do ar e, no ato de aproximarem-se as pontas do fio das orelhas, o som ouvido é sobretudo o propagado através do cordão.

Figura 3 – Experimentos de propagação de ondas sonoras. **A** – Sons do impacto de um metal em uma superfície rígida. **B** – Sino com materiais recicláveis. **C** – Telefone com fio.



FONTE: Arquivo do autor.

O procedimento mostrado na Figura 3B consiste na produção de um sino a partir de materiais recicláveis. O funcionamento desse aparato baseia-se no mesmo princípio do experimento retratado na Figura 3A, uma vez que, com o auxílio de um arame metálico, provoca-se uma colisão entre os metais. Este choque gera um som específico, que é propagado pelo ar e por intermédio do cordão. Quando se achega o ouvido perto do copo do sino, o som fica mais intenso. Por fim, o experimento da Figura 3C é um telefone com fio, conhecido popularmente por ser um brinquedo de fácil construção. O funcionamento desse aparato está fundamentado na propagação do som que é produzido no interior de um dos

copos (por uma criança, por exemplo), para o copo da outra extremidade por meio do barbante de conexão. O copo serve como um amplificador do som emitido por uma pessoa numa das extremidades e posteriormente transmitido pelo cordão para a outra. Salienta-se que alguns ensaios foram reproduzidos de forma adaptada, como no caso do experimento de tubos sonoros. O livro que sugere esse experimento propõe que o mesmo seja realizado com tubos de ensaio e nestes sejam adicionados diferentes volumes de água a fim de que quando uma pessoa assoprar no tubo sejam produzidas notas musicais diferentes para cada nível de água. O mesmo procedimento, entretanto, pode ser desenvolvido substituindo-se os tubos de ensaio por garrafas PET de 500ml, como demonstrado na Figura 4, visto que cada garrafa emite um som diferente quando um indivíduo assopra em seu gargalo.

Figura 4 – Adaptação do experimento de tubos sonoros utilizando-se garrafas PET.



FONTE: Arquivo do autor.

Retomando-se os dados apresentados no Quadro 1, verifica-se que a maioria dos procedimentos localizados nos livros didáticos de Física obtiveram a maior nota (quatro). Esse resultado deve-se ao fato de que esses experimentos expõem diversas potencialidades, além de serem de fácil reprodução em um ambiente escolar. Os fatores: demandar pouco tempo para a execução, custo baixo e materiais que podem ser reciclados ou de fácil aquisição possibilitam o emprego da maioria desses ensaios em sala de aula. Além disso, tendo em vista a simplicidade das práticas, estas podem ser desenvolvidas pelo próprio estudante em sua residência. Evidencia-se também que, apesar de alguns experimentos terem obtido notas inferiores (dois e três), não houve nenhum com a nota mínima, o que demonstra que o emprego destes procedimentos em sala de aula é possível, em alguns casos com maior necessidade de planejamento do que em outros.

A partir da reprodução dos experimentos, foi possível se verificar que brincadeiras infantis viram atividades experimentais ilustrativas, objetivando que o estudante possa compreender o que ocorre no uso de um telefone com fio, por exemplo, e como se dá a propagação de ondas mecânicas nesses aparatos. Tais cenários contribuem positivamente para despertar o interesse e a curiosidade de crianças e adolescentes sobre os fenômenos Físicos e suas explicações enriquecendo ainda mais o processo de ensino-aprendizagem. Contudo, deve-se tomar o cuidado para que a experimentação não se torne um show de demonstrações, levando o estudante a acreditar que o estudo da Física se resume a estas atividades. Desse modo, cada oportunidade de experimentação deve proporcionar a exposição e o estudo da maior quantidade possível de conhecimento.

Considerações Finais

O uso de experimentos e demonstrações para a ilustração e elucidação de fenômenos físicos é fundamental na educação básica, uma vez que estes promovem a contextualização do que é estudado. A realização de práticas experimentais aliadas a questionamentos que provoquem a investigação e reflexão do estudante sobre o assunto, auxilia no desenvolvimento de sua autonomia e aprendizagem.

Para o professor, o uso de experimentos como uma ferramenta pedagógica auxiliar pode apresentar-se utópica frente à escassez de recursos e investimentos governamentais e institucionais, além de pouca motivação. Contudo, as práticas sugeridas nos livros estudados, mostram que existem alternativas viáveis para a realização de demonstrações e investigações em sala de aula, pois se constatou que há experimentos que não tem custo, pois os materiais necessários são reciclados e que, ainda assim, podem promover ricas discussões e aprendizados.

Desse modo, pode-se concluir que os livros selecionados pelo PNLD 2018 (exceto o Livro de Gonçalves Filho e Toscano) para o ensino de Física na Educação Básica brasileira são satisfatórios no que tange à sugestão de experimentos, demonstrações e investigações, no que se refere ao conteúdo de ondas mecânicas. Ainda que nem todos os livros proponham problemáticas e contextualizações sobre os experimentos, o professor é capaz de aprimorar (sem grandes esforços), o procedimento prático para que se adapte ao método: Prever – Observar e Explicar sugerido por Souza (2011). O método proposto por Souza (2011) para a experimentação é a realização de três passos principais: prever o que vai acontecer no

experimento levantando-se hipóteses; observar e visualizar o que ocorre durante a execução do experimento; e explicar que consiste em se discutir se os resultados obtidos corroboram ou não com as hipóteses iniciais. Em caso negativo, os estudantes devem propor explicações e justificativas para o que foi observado.

Considerando-se que o livro didático é em alguns lugares a única ferramenta pedagógica disponível ao professor e ao estudante da rede pública de educação básica, entende-se que no momento de sua escolha, a partir das indicações do PNLN, seja para a disciplina de Física ou não, o professor deve levar em consideração o contexto político, social e cultural em que a sua instituição está inserida. Desse modo, deve-se dar importância ao nível de conhecimento em que os estudantes se encontram; o método que lhes possibilita melhor aprendizagem; e a formação e nível de conhecimento do professor. Diante disso, os livros que apresentam mais proposta de atividades experimentais, podem apresentar-se como uma ótima alternativa para uma escola que possua poucos recursos (financeiros, materiais ou humanos), visto que este trabalho evidenciou que os procedimentos experimentais sugeridos nos livros didáticos são simples e podem ser reproduzidos com o auxílio de materiais de fácil acesso.

Apesar disso, percebe-se uma carência de propostas experimentais que retratem a forma como a ciência é construída, fator este que entendemos ser imprescindível para que o estudante compreenda como o mundo científico e tecnológico molda a nossa realidade e influencia nossas vidas.

Por fim, importa destacar que o uso de experimentos na disciplina de Física deve fazer parte do currículo escolar, pois é dessa forma que essa área científica se desenvolve; contudo, para que isso se torne factível, é necessário um investimento maior de tempo, dinheiro, dedicação da instituição escolar, do aluno e do professor frente a experimentação ilustrativa e científica.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M. S. T.; ABIB, M. L. V. S. Atividades experimentais no ensino de Física: Diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. v. 25, n. 2, p. 176-194, 2003.

BARRETO, B.; XAVIER, C.. Física aula por aula: **Termologia, Óptica e ondulatória**. v. 2, 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BÔAS, N. V.; DOCA, Ricardo H.; BISCUOLA, Gualter J. Física: **Termologia, ondulatória e óptica**. v. 2, 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2017.

BONJORNO, J. R. et al. Física: termologia, óptica e ondulatória. v. 2, 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.

BRASIL. **Decreto Nº 1006, de dezembro de 1938**. Condições de produção, importação e utilização do livro didático. Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 1938. Disponível em: <http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1930-1939/decreto-lei-1006-30-dezembro-1938350741-publicacaooriginal-1-pe.html>, acesso em 05 de dezembro de 2017.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio**. 2000. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/14_24.pdf, acesso em 23 mai. 2019.

CHOPPIN, A.. História dos livros e das edições didáticas: sobre o estado da arte. **Educação e Pesquisa**. v. 30, n. 3, p. 549-566, 2004.

FRISON, M. D. et al. Livro Didático como instrumento de apoio para a construção de propostas de ensino de ciências naturais. In: **VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação de Ciências**. Santa Catarina: Florianópolis, 2009.

GASPAR, A.. Compreender a Física: **ondas, óptica e termodinâmica**. v. 2, 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 2016.

GONÇALVEZ FILHO, A.; TOSCANO, C.. Física: **Interação e Tecnologia**. v. 2, 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.

GUIMARRÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W.. Física: **Física térmica, ondas e óptica**. v. 2, 2. ed. São Paulo: Ática, 2016.

MARTINI, G. et al. Conexões com a Física: **Estudo do calor, óptica geométrica e fenômenos ondulatórios**. v. 2, 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C.. **Física: Contexto e aplicações**. Volume 2. 2ª edição. São Paulo: Scipione, 2016.

MENEZES, E. T.; SANTOS, T. H.. Verbete PNLD (Programa Nacional do Livro Didático). **Dicionário Interativo da Educação Brasileira — Educabrazil**. São Paulo: Midiamix, 2001. Disponível em: <http://www.educabrazil.com.br/pnld-programanacional-do-livro-didatico/>. Acesso em: 05 dez. 2018.

NEVES, J. H. M.. **O uso de experimentos, confeccionados com materiais alternativos, no processo de ensino e aprendizagem de Física: Lei de Hook**. Dissertação (Mestrado). MNPEF – São Paulo: Presidente Prudente, 2015.

PEREIRA, A. B. B.; BEZERRA, C. J. S.; SILVA, O.. **Uso da experimentação para o ensino de Física: um relato de experiência na dilatação linear**. 2016. Disponível em: <http://loos.prof.ufsc.br/files/2016/03/USO-DA-EXPERIMENTA%C3%87%C3%83O-PARA-O-ENSINO-DE-F%C3%8DICA-UM-RELATO.pdf>, acesso em 23 mai. 2019.

- POGIBIN, A. et al. **Física em contextos**. v.2, 1ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.
- SANTOS, V. A.; MARTINS, L.. A importância do livro didático. Candombá – **Revista Virtual**. v.7, n. 1, p. 20-33, jan/dez 2011.
- SEVERINO, A. J.. **Metodologia do trabalho científico**. 23 ed. São Paulo: Cortez, 2007.
- SIGANSKI, B. P.; FRISON, M. D.; BOFF, E. T. O. O livro didático e o ensino de ciências. In: **XIV Encontro Nacional de Ensino de Química**. Universidade Federal do Paraná: Curitiba, 2008.
- SOUZA, A. R.. **Experimentos em ondas mecânicas**. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio de Janeiro: Rio de Janeiro, 2011.
- TORRES, C. M. A. et al. Física, ciência e Tecnologia: **Termofísica, óptica e ondas**. v.2, 4ed. São Paulo: Moderna, 2016.
- VÁLIO, A. B. M. et al. **Ser protagonista: Física**. V.2, 3ed. São Paulo: SM, 2016.
- YABUKI, Y.. **A arte de ensinar a Física pela Experimentação no 9º ano – Ensino Fundamental**. Monografia (Especialização). Universidade Tecnológica Federal do Paraná: Medianeira, 2014.
- YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F.. Física para o Ensino Médio: **termologia, óptica e ondulatória**. v.2, 4ed. São Paulo: Saraiva, 2017.