

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA:
VIDEOS E ATIVIDADES COMO POTENCIALIZADORES DA APRENDIZAGEM

Evaldo Gilberto Moreira

São Luís - MA

2024

UNIVERSIDADE FEDERAL DO MARANHÃO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

IVALDO GILBERTO MOREIRA

Área de Concentração: Física na Educação Básica

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA:
VÍDEOS E ATIVIDADES COMO POTENCIALIZADORES DA APRENDIZAGEM

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional Nacional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física. Linha de Pesquisa: Processos de ensino e aprendizagem e tecnologias de informação e comunicação no Ensino de Física
Orientador: Prof. Dr. Karl Marx Silva Garcez

São Luís - MA
2024

Ficha gerada por meio do SIGAA/Biblioteca com dados fornecidos pelo(a) autor(a).
Diretoria Integrada de Bibliotecas/UFMA

Moreira, Evaldo Gilberto Moreira.

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ONDULATÓRIA: VIDEOS E ATIVIDADES COMO POTENCIALIZADORES DA
APRENDIZAGEM : PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O
ENSINO DE ONDULATÓRIA: VIDEOS E ATIVIDADES COMO
POTENCIALIZADORES DA APRENDIZAGEM / Evaldo Gilberto Moreira Moreira.
- 2024. 85 p.

Orientador(a): Prof. Dr. Karl Marx Silva Garcez Garcez.

Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em

Rede - Ensino de Física em Rede Nacional/ccet, Universidade Federal do
Maranhão, São Luís - Ma, 2024.

1. Ensino de Física. 2. Experimentação. 3. Ondas

Mecânicas. 4. . 5. . I. Garcez, Prof. Dr. Karl Marx Silva Garcez. II. Título.

Autorizo a reprodução e divulgação total ou parcial deste trabalho, por qualquer meio convencional ou eletrônico, para fins de estudo e pesquisa, desde que citada a fonte.

EVALDO GILBERTO MOREIRA

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDULATÓRIA:
VÍDEOS E ATIVIDADES COMO POTENCIALIZADORES DA APRENDIZAGEM**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física pelo UFMA, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Karl Marx Silva Garcez (Orientador)
Doutor em Física
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Eduardo Moraes Diniz
Doutor em Física
Universidade Federal do Maranhão

Prof. Dr. Samir Silva Coutinho
Doutor em Física
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Maranhão

“O caminho que o professor escolheu para aprender foi ensinar. No ato de ensinar ele se defronta com verdadeiras dificuldades, obstáculos reais, concretos, que precisa superar. Nessa situação ele aprende.”

Vieira Pinto

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus, que é a estrada de todas as estradas, o caminho reto. O leito da sabedoria suprema.

E em especial, a todos aqueles que diretamente ou indiretamente funcionaram como Ele contribuindo de forma espontânea e grandiosa para a conclusão deste trabalho.

Aos meus familiares: pais, esposa e filhos, pela compreensão quando do afastamento temporário da convivência do lar.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), código de financiamento 001, pelo fomento a este programa de Pós-Graduação.

Aos professores, diretores de curso, aos colegas de sala de aula e de modo singular ao professor Dr. Karl Marx Silva Garcez, meu orientador, pela competente orientação, comprometida e responsável.

RESUMO

Uma das principais dificuldades que encontramos no Ensino Médio, com a disciplina Física, está em como ensinar para que os alunos sejam estimulados a aprender e desenvolver sua aprendizagem de forma autônoma. Nesta perspectiva, decidimos verificar evidências de aprendizagem significativa em uma abordagem metodológica para o ensino de conteúdos de ondulatória. O procedimento metodológico adotado nesta pesquisa consiste na elaboração de uma Sequência Didática. Para a fundamentação teórica a respeito do processo de investigação da aprendizagem do aluno, baseou-se na teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel (2003). A aplicação da sequência ocorreu em escola da rede pública no município de Pinheiro – MA. O levantamento dos dados obtidos na pesquisa mostra que a metodologia proposta proporciona uma significativa melhora no aprendizado, por entender ser mais adequada.

Palavras-chave: Ensino de Física, Experimentação, Ondas Mecânicas.

ABSTRACT

One of the main difficulties we encounter in high school, with the Physics subject, is how to teach so that students are encouraged to learn and develop their learning autonomously. From this perspective, we verified evidence of significant learning in a methodological approach to teaching wave content. The methodological procedure adopted in this research consists of the elaboration of a Didactic Sequence. For the theoretical foundation regarding the process of investigating student learning, it was based on David Ausubel's theory of meaningful learning (2003). The sequence was applied at a public school in the city of Pinheiro – MA. The survey of data obtained in the research shows that the proposed methodology provides a significant improvement in learning.

Keywords: Physics Teaching, Experimentation, Mechanical Waves.

SUMÁRIO

1 -	INTRODUÇÃO	
2 -	A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA	14
	<i>Aprendizagem mecânica</i>	15
	<i>Aprendizagem significativa</i>	15
	<i>Subsunções</i>	16
	CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	16
	ORGANIZADORES PRÉVIOS	17
	FORMAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA	18
3 -	FUNDAMENTOS DE ONDULATÓRIA	20
3.1 -	Equação da onda	21
	Velocidade de propagação das ondas	23
3.2	Ondas Harmônicas	25
	Ondas sonoras harmônicas	27
3.3 -	Superposição de ondas	29
	Interferência de ondas harmônicas	30
	Ondas estacionárias em cordas	32
	A função de onda estacionária	33
	Corda fixa nas extremidades	33
	Corda fixa em apenas uma extremidade	35
	Ondas sonoras estacionárias	37
4 -	APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL: NATUREZA E PROPAGAÇÃO DE ONDAS MECÂNICAS	38
4.1	CONTEXTO ESCOLAR	38
4.2	DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	39
4.2.1 -	Encontro 1	39
4.2.2 -	Encontro 2	40
4.2.3 -	Encontro 3	41
4.2.4 -	Encontro 4	42
4.2.5 -	Encontro 5	42

4.3 -	ANÁLISE DE RESULTADOS	43
4.3.1 -	Avaliação do Questionário I	43
4.3.2 -	Avaliação do Questionário II	45
4.3.3 -	Avaliação do Questionário III	47
4.3.4 -	Avaliação do Questionário IV	49
5 -	CONSIDERAÇÕES FINAIS	53
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
	APÊNDICES	58
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIOS	59
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS	64
	APÊNDICE C – PRODUTO EDUCACIONAL	70

1 – INTRODUÇÃO

Buscando propostas para melhorar o ensino e a aprendizagem, contamos com a teoria da aprendizagem significativa que trata do conhecimento prévio do aluno como uma forma de agregar novos conhecimentos, potencializando significados através de atividades que devem ser realizadas elencando ações da realidade dos educandos.

“É considerado como duas facetas de um mesmo processo, onde, as atividades do professor (ensino) têm relação recíproca com o estudo do aluno (aprendizagem). O ensino-aprendizagem consolida-se fundamentalmente em dois momentos, a transmissão e a assimilação, interligadas indissociavelmente. A transmissão-assimilação é o caminho existencial que o professor necessita para garantir a unidade didática entre o ensino e a aprendizagem possibilitando ao aluno uma apreensão concreta e ativa de conhecimentos de suas capacidades cognitivas”. (José Carlos Libâneo, p.77, 81, 1994.)

Os problemas dentro da disciplina de Física, não são exclusivas de um período de tempo, vem de longa data, tendo diversos fatores influenciadores. Um desses fatores é carga horária da disciplina dentro da matriz curricular ser insuficiente, dificultando os professores de se utilizar de atividades experimentais que podem vir a auxiliar no entendimento concreto do conteúdo, fazendo com que as aulas se tornem somente expositivas. Outros elementos importantes que interferem na aprendizagem consistem nas falhas conceituais e na falta de incentivo para formação dos professores, tendo isso influenciado e muito no aprendizado dos educandos que adentram o 1º ano do Ensino Médio.

Essas dificuldades podem ser acentuadas na diversidade do campo, pois apesar que existam debates, documentos e leis que regem a Educação do Campo, como a Lei de Diretrizes e Bases (LDB 9394/96), as Diretrizes Operacionais para a

Educação Básica nas Escolas do Campo (BRASIL, 2002) e as Diretrizes Curriculares da Educação do Campo (PARANÁ, 2006), para que se tenha um olhar diferenciado, na prática ainda existem diversas falhas, que acabam por interferir no aprendizado dos alunos, bem como no trabalho do professor. Alguns desses elementos é destacado por Sapelli (2013), como o difícil acesso à escola, fragmentação de conteúdos e o material didático que não abrange a diversidade do campo.

Se faz necessário que os professores busquem formas ou estratégias para adequar os conteúdos de acordo com a realidade do aluno, sempre tentando melhorar o ensino e a aprendizagem, especialmente quando se trata de alunos incluídos nas diversidades, para que estes possam perceber a realidade a qual pertencem e como a Física está inclusa em suas vidas.

A sequência didática é uma estratégia pedagógica para auxiliar no processo de ensino e aprendizagem de um determinado conteúdo. Neste caso específico, desenvolvemos uma sequência didática voltada para a ondulatória, conteúdo específico dentro da disciplina de Física, com o objetivo de promover uma aprendizagem mais eficiente e significativa para os estudantes. Dentro da sequência didática, buscamos planejar cuidadosamente cada etapa, de modo a permitir aos alunos uma progressão lógica de aprendizagem. O objetivo central desta sequência didática é potencializar o aprendizado dos alunos, tornando-o mais significativo e pessoal. Ao criar um ambiente de aprendizagem estimulante, pretende despertar o interesse dos estudantes, promover a autonomia, a criatividade e a busca por novos conhecimentos.

A dissertação é dividida em cinco capítulos, sendo o primeiro esta introdução. Vamos comentar os restantes. No capítulo 2, o foco está nos conceitos fundamentais da aprendizagem significativa, onde destacamos a importância de conectar o novo conhecimento aos conhecimentos prévios dos alunos. No capítulo 3, exploramos os fundamentos teóricos das ondas mecânicas, incluindo sua definição, características e propriedades. No Capítulo 4, descrevemos a execução da sequência didática e analisamos os resultados de questionários aplicados durante a sequência. Finalmente, no último capítulo, fazemos nossas considerações finais sobre o trabalho.

2 – A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA E O ENSINO DE FÍSICA

A aprendizagem significativa é um conceito desenvolvido pelo psicólogo David Ausubel que visa promover um aprendizado profundo e duradouro. Pois se distingue da memorização comum de informações, essa abordagem busca estabelecer conexões entre os novos conhecimentos e as experiências prévias do aprendiz. A aprendizagem significativa ocorre quando o aluno consegue relacionar um novo conteúdo com os conhecimentos prévios que já obteve, seja através de experiências pessoais, conceitos estudados ou informações adquiridas anteriormente. Isso permite que o estudante atribua sentido e significado ao que está aprendendo, facilitando a compreensão e a retenção das informações.

“Porém, temos que pensar que a não utilização de determinado conhecimento adquirido, por mais significativo que venha a ser, com o tempo pode-se esquecê-lo, mas se a aprendizagem foi realmente significativa para o indivíduo, tem-se maior facilidade de se recuperar, quando comparado à aprendizagem mecânica.” (MOREIRA, 2010a).

A aprendizagem significativa pode desempenhar um papel crucial no desenvolvimento educacional, e proporcionar uma compreensão profunda e duradoura dos conceitos. Isso não apenas facilita a assimilação ativa das informações, mas também promove uma aprendizagem mais duradoura e transferível para situações práticas.

A relevância da aprendizagem significativa transcende o ambiente acadêmico, influenciando diretamente a capacidade dos indivíduos de aplicar seus conhecimentos no mundo real. Ao compreender de maneira profunda e conectada, os aprendizes conseguem integrar novas informações ao seu repertório cognitivo, construindo uma base sólida para o pensamento crítico e a resolução de problemas. Além disso, a aprendizagem significativa contribui para o desenvolvimento de habilidades metacognitivas (*permite que os estudantes executem ações a partir da identificação de seus conhecimentos*), permitindo que os alunos reflitam sobre seu próprio processo de aprendizado. Ao reconhecerem a importância de conectar novas

informações aos conhecimentos prévios, os aprendizes tornam-se mais conscientes de como constroem significado e, conseqüentemente, desenvolvem uma abordagem mais autônoma e reflexiva em relação ao conhecimento.

Em um mundo em constante evolução, onde a capacidade de aprender e adaptar-se é essencial, a aprendizagem significativa emerge como uma ferramenta valiosa para equipar os indivíduos com as habilidades necessárias para enfrentar desafios complexos.

A aprendizagem significativa estimula a construção ativa do conhecimento, proporcionando ao aluno um aprendizado mais autêntico e duradouro. Contudo, para que esta ocorra, é importante que o conteúdo seja apresentado de forma clara e organizada, estabelecendo relações lógicas e conectando-o com o conhecimento prévio do aluno. Portanto é fundamental que o estudante seja envolvido e estimulado a refletir, questionar e participar ativamente do processo, através de atividades práticas, discussões e problematizações.

Aprendizagem Mecânica

Este tipo de aprendizagem ocorre quando o aluno não se consegue entender o conteúdo e apenas memoriza as equações, leis e conceitos. Pois, para o estudante, em grande parte das vezes, trata-se de um conteúdo com pouco ou mesmo sentido, e que posteriormente será esquecido. Podemos exemplificar com a memorização da tabuada quando é exigida dos alunos da educação básica.

Aprendizagem Significativa

Aprendizado realizado de forma que o conteúdo ensinado interage com aquilo que o estudante já sabe. Portanto, o tópico estudado tem um sentido lógico para o aluno que o associa a algo presente na sua estrutura cognitiva e sendo assim um aprendizado que será mais difícil de ser esquecido. A aprendizagem de conceitos de Movimento Uniforme na Física torna-se mais significativa quando se tem conhecimentos prévios sobre funções de primeiro grau, que age neste estudo como subsunçor.

Subsunçores

São estruturas específicas presentes na estrutura cognitiva do aprendiz onde a nova informação a ser adquirida poderá se integrar as informações já conhecidas. Conhecimentos que são relevantes a nova aprendizagem. Ou seja, são conhecimentos prévios sobre determinado assunto em que as novas informações vão ancorar-se compondo a estrutura cognitiva do aluno. No exemplo de aprendizagem significativa os conhecimentos sobre funções de primeiro grau são exemplos de subsunçores.

Sabemos que todos os indivíduos, inclusive os alunos, já possuem diversos conhecimentos prévios, os subsunçores acerca da realidade que os cercam, sendo esses conhecimentos organizados hierarquicamente e inter-relacionados (MOREIRA, 2010), em um processo dinâmico caracterizado por diferenciação progressiva e reconciliação integradora de conceitos.

O processo denominado *diferenciação progressiva* ocorre quando o aluno adquire significado a um determinado subsunçor que foi utilizado constantemente para associar novos conhecimentos. E de modo simultâneo a diferenciação progressiva acontece a *reconciliação integradora*, que consiste em resolver diferenças, realizar novas ordenações e integrar novos significados. Através desses processos tem-se a organização da estrutura cognitiva do aprendiz. Onde, o sujeito possui a capacidade de diferenciar progressivamente e ao mesmo tempo reconciliar integrativamente os novos conhecimentos com os conhecimentos preexistentes (MOREIRA, 1999, 2010a).

CONDIÇÕES PARA A APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Para se considerar uma aprendizagem como significativa, deve-se observar dois aspectos: o material utilizado deve ser potencialmente significativo e o aprendiz deve apresentar uma predisposição para aprender. Faz-se necessário enfatizar que o material deve ser potencialmente significativo, pois, somente o material não é significativo, quem agrega significado, são os sujeitos. Além disso, o “querer aprender” encontra-se implícito no sujeito, que deve estar disposto a aprender e, a agregar novos conhecimentos (Moreira, 2010a).

Em Ausubel, Novak e Hanesian (1980, p. 34) “a aprendizagem significativa pressupõe que o aluno manifeste uma disposição para a aprendizagem significativa”, ou seja, apresentar uma pré-disposição para associar o material potencialmente significativo à sua estrutura cognitiva, à sua organização do conhecimento, ocorrendo então, de forma não arbitrária e substantiva. Pode-se afirmar, segundo os autores, que mesmo o material sendo potencialmente significativo, se o aluno tiver a intenção somente de memorizá-lo, tanto o processo de aprendizagem quanto o produto de aprendizagem serão automáticos.

Quando se fala em subsunçores, Ausubel (1968) apud em Moreira (2010a) e Ausubel, Novak e Hanesian (1978), relaciona aos conceitos estruturantes de cada disciplina que o aluno já possui, e que após ser aprendido significativamente, serve de novo subsunçor para o próximo conhecimento, ou seja, seriam conhecimentos prévios que servem de aprendizagem para outros conhecimentos.

ORGANIZADORES PRÉVIOS

Segundo Ausubel (1968) apud Moreira (2010a), além de subsunçores, tem-se também os organizadores prévios que podem facilitar a inclusão de novos conhecimentos dentro da aprendizagem significativa, sendo esses organizadores prévios, recursos que antecedem o material de aprendizagem mais abrangente acerca do tema trabalhado. Esses organizadores podem ser vídeos, textos ou simuladores, que tragam informações em um nível mais alto de abstração e generalidade em relação ao material de aprendizagem.

Percebemos que é bastante comum no cotidiano escolar, a aprendizagem mecânica na escola de conceitos e fórmulas. Contudo acreditamos que a aprendizagem mecânica pode-se transformar em significativa desde que aconteça um direcionamento adequado através das metodologias utilizadas pelos professores, a utilização de um material que seja potencialmente significativo para o aluno, além da predisposição do indivíduo em aprender. Sendo assim, pode-se almejar alcançar uma aprendizagem que tenha significado para os educandos, buscando elevar o nível de conhecimentos dentro do conteúdo trabalhado (Ausubel, 2000 apud Moreira, 2010a).

Devemos destacar enfatizar que a aprendizagem mecânica não se transforma em aprendizagem significativa naturalmente (Ausubel, 2000 apud Moreira, 2010a), isso poderá ocorrer se existirem subsunçores que venham a possibilitar esse processo, também da predisposição do aluno em aprender, dos materiais potencialmente significativos e da mediação do professor. Além de ser um processo progressivo, a aprendizagem significativa é um processo de diferenciação e internalização de significados, que pode demorar para acontecer. Para Gowin (1981) apud Moreira (2010a), a aprendizagem significativa depende da captação de significados, da relação de significados entre aluno e professor.

FORMAS DE APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

De acordo com Moreira (1999, 2010a), há três formas de aprendizagem significativa, aprendizagem por subordinação, por super ordenação e o combinatório; além de existir três tipos de aprendizagem significativa, sendo nas formas de representações (representacional), de conceitos (conceitual) e a de proposições (a proposicional).

Cada uma das formas, podem estar ligadas a cada um dos tipos de aprendizagem, perfazendo um total de nove possibilidades para se formar a aprendizagem significativa.

Subordinada se dá quando os conhecimentos adquiridos são potencialmente significativos e com isso o indivíduo que aprende, obtém um significado, podendo ser através de uma ligação aos conhecimentos generalizados, amplos que estão presentes no cognitivo; Superordenada é quando envolve processos de abstração, síntese e os novos conhecimentos passas a ser subordinados aos que deram origem a ele; Combinatório é quando a aprendizagem significativa implica um novo conhecimento onde existe a interação entre vários outros conhecimentos existentes na estrutura cognitiva, onde existe significados comuns entre eles, mas não os subordina e nem superordena.

De acordo com Ausubel, Novak e Hanesian (1978), podem-se descrever os tipos de aprendizagem significativa da seguinte forma: Representacional ocorre no momento em que símbolos ganham significado concreto. Essa forma encontra-se no

limiar de uma aprendizagem mecânica, porém, é uma forma de representar determinados símbolos em algo real. Em Ausubel, Novak e Hanesian (1980) tem-se que esse tipo de aprendizagem é a mais básica, que pode condicionar as outras formas de aprendizagem.

Conceitual acontece quando os símbolos passam a ter uma regularidade em eventos ou objetos, não precisam necessariamente se apresentarem de forma real; proposicional são as novas ideias que se formam para os significados, os símbolos. Os outros tipos de aprendizagem podem ser pré-requisitos para esse tipo, que vai além da união da forma de definição e as palavras que fazem o entendimento.

Como pudemos observar, a Teoria de Ausubel traz diversos elementos que servem como base para orientar a construção da proposta de sequência didática que apresentamos como produto educacional.

3 – FUNDAMENTOS DE ONDULATÓRIA

As ondas estão presentes em diversas situações do nosso dia a dia, sejam as ondas sonoras, ondas no mar, ondas de rádio, entre outras.

"Física 2: Termodinâmica e Ondulatória" por Halliday, Resnick e Krane - Este livro é uma referência clássica no estudo da física e aborda de forma abrangente os conceitos de ondulatória.

De modo geral, ondas mecânicas são perturbações que se propagam através de um meio material, como ar, água, ou sólidos, devido à deformação e oscilação das partículas do meio. Essa perturbação pode ser causada por uma fonte externa de energia, como uma fonte vibratória ou um evento de impacto. Este sinal é transmitido sem que haja transporte direto de massa. Entretanto, as ondas transportam energia e momento. Podemos classificar as ondas de acordo com sua direção de propagação. Nas ondas transversais, o movimento do meio é perpendicular a direção de propagação. São exemplos: ondas em uma corda, ondas eletromagnéticas.

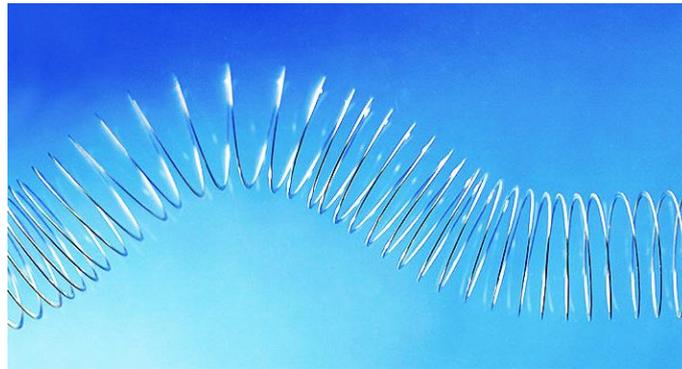
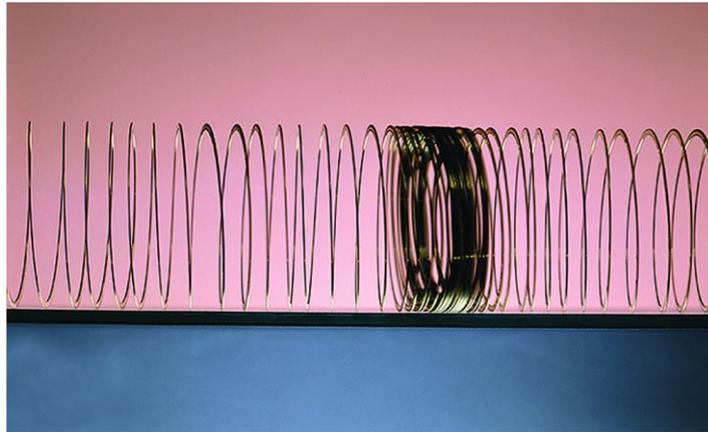


Figura 1 - Pulso de onda transversal em uma mola (TIPLER. 2009)

Enquanto isso as ondas longitudinais, o movimento do meio é paralelo a direção de propagação. Por exemplo, as ondas sonoras, quando se propagam, as moléculas do ar oscilam, alternadamente comprimindo ou expandindo o ar.

Figura 2 - Pulso de onda longitudinal em uma mola (TIPLER. 2009).



3.1 A equação da onda

Uma onda mecânica é causada por uma perturbação do meio. Por exemplo, quando uma corda esticada é tocada, a perturbação (a alteração no formato) produzida se propaga ao longo da corda como uma onda. A propagação é o resultado da interação dos segmentos das cordas. Os segmentos da corda se movem no sentido transversal (perpendicular) da corda, enquanto os pulsos se propagam ao longo da corda (TIPLER, 2009).

Seja uma onda propagando-se em uma corda. Vamos considerar um segmento desta, onde consideramos os ângulos θ_1 e θ_2 . A massa do segmento é $m = \mu\Delta x$, onde μ é a densidade linear da corda e Δx é o comprimento total da corda.

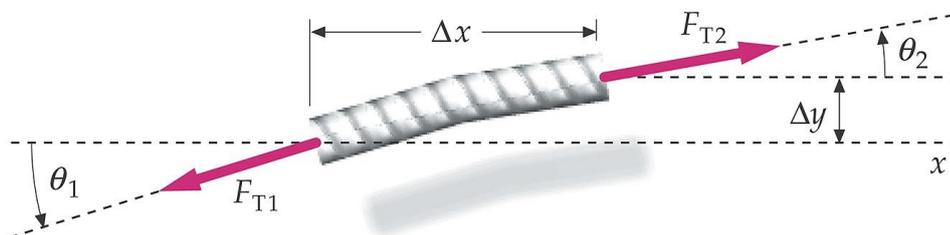


Figura 3 - Segmento de uma corda tensionada.

A força vertical resultante sobre o segmento é $F_{T2}\theta_2 - F_{T1}\theta_1$, onde F_T é a tração na corda (TIPLER. 2009).

Quando um segmento de corda está em equilíbrio estático, isso significa que a soma vetorial de todas as forças atuantes sobre ele é zero. A tração na corda é igual em magnitude ao peso do segmento de corda. Esta equação pode ser rearranjada para isolar a tração. Portanto, a força vertical resultante sobre o segmento

de corda é a tração na corda, e sua fórmula é simplesmente a força peso do segmento de corda. Isso implica que, em condições de equilíbrio, a tração na corda é igual ao peso do segmento de corda. A força resultante na horizontal é nula:

$$F_{R_x} = F_{T_2} \cos \theta_2 - F_{T_1} \cos \theta_1 = 0 \quad (1)$$

Para pequenos ângulos, podemos utilizar a aproximação $\cos \theta \cong 1$, então

$$F_{T_2} = F_{T_1} = F_T \quad (2)$$

Logo, a força de tração é mesma nas duas extremidades. O segmento se move verticalmente, e na componente vertical, temos a seguinte força resultante,

$$F_{R_y} = F_T \sin \theta_2 - F_T \sin \theta_1 \quad (3)$$

Em nosso caso, podemos aproximar $\sin \theta$ por $\tan \theta$. Então

$$F_{R_y} = F_T \tan \theta_2 - F_T \tan \theta_1. \quad (4)$$

Mas a tangente do ângulo é a inclinação da linha tangente à corda. A inclinação S é a primeira derivada de $y(x, t)$ em relação a x . Ou seja, a derivada parcial. Teremos

$$S = \tan \theta = \frac{\partial y}{\partial x} \quad (5)$$

Logo,

$$F_{R_y} = F_T(S_2 - S_1) = F_T \Delta S, \quad (6)$$

onde S_1 e S_2 são as inclinações nas extremidades. Aplicando a segunda lei de Newton ($F_R = ma$) e lembrando que a massa é $\mu \Delta x$, obtemos:

$$\mu \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = F_T \frac{\Delta S}{\Delta x} \quad (7)$$

Considerando o limite em que $\Delta x \rightarrow 0$, escrevemos:

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta x} = \frac{\partial S}{\partial x}. \quad (8)$$

Retomando a definição de S , temos que

$$\frac{\partial S}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \cdot \left(\frac{\partial y}{\partial x} \right) = \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} \quad (9)$$

Substituindo, temos finalmente

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{\mu}{F_T} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad (10)$$

a chamada equação da onda para uma corda vibrante.

Velocidade de propagação das ondas

De modo geral, a equação da onda unidimensional satisfaz

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2}, \quad (11)$$

A equação da onda é satisfeita por qualquer função do tipo $y = y(x - vt)$. Se comparamos com a expressão da corda vibrante (Eq. 10), concluímos que a velocidade da onda na corda é dada por

$$v = \sqrt{\frac{F_T}{\mu}} \quad (12)$$

Para ondas sonoras a equação da onda é,

$$\frac{\partial^2 s}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 s}{\partial t^2} \quad (13)$$

A equação da onda sonora é uma equação diferencial que descreve a propagação de ondas sonoras em um meio. Essa equação pode ser derivada a partir das

equações fundamentais da dinâmica dos fluidos, como a equação de Euler para o movimento de um fluido e a equação de continuidade para a conservação da massa, onde s é o deslocamento do meio na direção x e v é a velocidade do som no meio. Aqui a velocidade do som satisfaz:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}, \quad (14)$$

A equação que descreve a velocidade do som em um meio é derivada das propriedades físicas do material através das quais a onda sonora se propaga. A relação entre a velocidade do som, o módulo volumétrico (também conhecido como módulo de compressibilidade) e a massa específica (densidade) do material pode ser entendida através da análise da natureza das ondas sonoras em meios elásticos.

Módulo volumétrico (β): O módulo volumétrico é uma medida da rigidez do material à compressão. Ele representa a resistência do material a uma mudança no volume quando uma pressão é aplicada. Quanto maior o módulo volumétrico, mais difícil é comprimir o material e mais rápida será a propagação do som.

Massa específica (ρ): A massa específica de um material é a massa por unidade de volume. Em outras palavras, é a densidade do material. Ela indica quanto material está presente em uma unidade de volume. Materiais mais densos requerem mais energia para serem deslocados e, portanto, tendem a transmitir o som mais rapidamente. Esta equação mostra que a velocidade do som é diretamente proporcional à raiz quadrada do módulo volumétrico e inversamente proporcional à raiz quadrada da massa específica do material. Isso significa que em materiais com maior módulo volumétrico (mais rígidos) e menor massa específica (menos densos), a velocidade do som será maior. Em termos simples, materiais mais rígidos (com módulo volumétrico maior) tendem a transmitir ondas sonoras mais rapidamente, enquanto materiais menos densos facilitam a propagação do som devido à menor resistência ao deslocamento das partículas do material.

3.2 - Ondas Harmônicas

As ondas harmônicas são o tipo de onda periódica mais simples, e podem ser produzidas com a extremidade da corda presa a um vibrador que oscila verticalmente em movimento harmônico simples. Assim cada ponto da corda oscila em movimento harmônico simples. Todas as ondas periódicas podem ser modeladas como a superposição de ondas harmônicas. (TIPLER, 2009)

As ondas periódicas podem ser modeladas como a superposição de ondas harmônicas devido a um princípio fundamental da física conhecido como o princípio da superposição.

O princípio da superposição afirma que, quando duas ou mais ondas se encontram no mesmo ponto em um meio, as perturbações resultantes são simplesmente a soma das perturbações individuais causadas por cada onda. Isso significa que as ondas se somam umas às outras, ponto a ponto, sem interferir umas com as outras.

As ondas harmônicas são ondas que têm uma relação simples entre a posição de um ponto na onda e o tempo. Elas são geralmente representadas por funções senoidais ou cossenoidais. No entanto, as ondas harmônicas podem ser representadas como qualquer função que seja periódica e suave.

A superposição de ondas harmônicas permite representar uma grande variedade de formas de onda, desde ondas simples, como uma onda senoidal, até formas de onda mais complexas, como uma onda triangular ou quadrada. Isso ocorre porque qualquer forma de onda periódica pode ser decomposta em uma série de componentes harmônicas simples.

Por exemplo, a série de Fourier é uma técnica matemática usada para decompor uma função periódica em uma soma infinita de funções senoidais (ondas harmônicas). Essa decomposição permite representar uma forma de onda periódica em termos de suas frequências componentes e suas amplitudes relativas.

Portanto, todas as ondas periódicas podem ser modeladas como a superposição de ondas harmônicas devido ao princípio da superposição e à capacidade de representar formas de onda complexas em termos de componentes harmônicas simples.

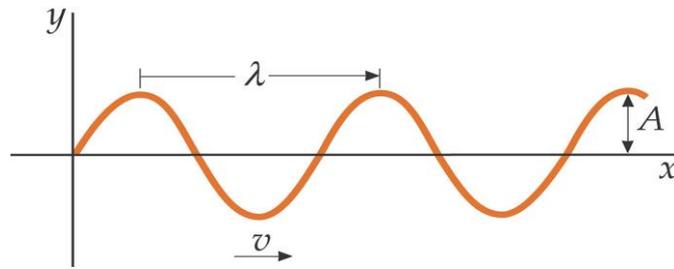


Figura 4 - Onda harmônica em determinado instante de tempo. Onde A é a amplitude, λ é o comprimento de onda e v a velocidade de propagação. (TIPLER, 2009)

Enquanto a onda se propaga, cada ponto oscila em MHS com uma frequência f . E durante um período T , a onda percorre uma distância λ . Então a velocidade de propagação da onda é dada por,

$$v = \frac{\lambda}{T} = f\lambda \quad (15)$$

A função de onda harmônica unidimensional que descreve os deslocamentos da Figura 4 é

$$y(x) = A \sin\left(2\pi \frac{x}{\lambda} + \delta\right), \quad (16)$$

onde a constante de fase δ depende da escolha da origem. Esta expressão pode ser escrita como

$$y(x) = A \sin(kx), \quad (17)$$

onde k é o chamado número de onda, $k = \frac{2\pi}{\lambda}$. Para uma onda viajando com velocidade v no sentido $x+$, temos

$$y(x, t) = A \sin(kx - \omega t), \quad (18)$$

onde $\omega = kv$ é a denominada frequência angular. Esta se relaciona com a frequência

e o período T por $\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$.

Ondas Sonoras Harmônicas

Este tipo de onda pode ser gerado por meio de um diapasão ou alto-falante vibrando em MHS.

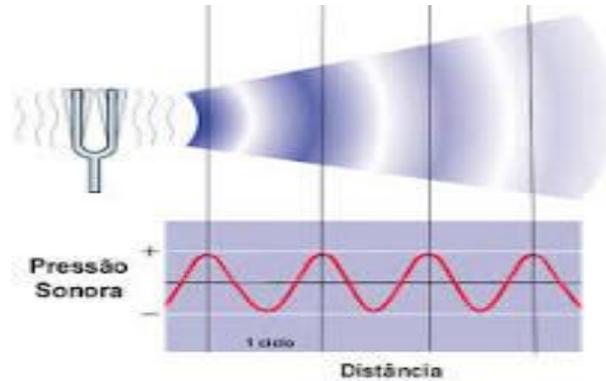


Figura 5: Autor desconhecido

A fonte vibratória faz com que as moléculas de ar próximas oscilem em MHS em torno de suas posições de equilíbrio. Estas moléculas colidem com as moléculas vizinhas, e estas também entram em oscilação. Desta forma propagando a onda sonora.

A função de onda que representa os deslocamentos das moléculas em relação às suas posições de equilíbrio, é dada por:

$$s(x, t) = s_0 \sin(kx - \omega t). \quad (19)$$

Estes deslocamentos causam variações na densidade e pressão do ar. Quando a onda se propaga, a pressão do ar em qualquer posição x varia com a onda de pressão dada por

$$p = -p_0 \cos(kx - \omega t), \quad (20)$$

onde p é a variação na pressão a partir da pressão de equilíbrio local, e p_0 é amplitude de pressão. A amplitude de pressão está relacionada com a amplitude de deslocamento por

$$p_0 = \rho \omega v s_0, \quad (21)$$

onde ρ é a densidade do ar.

Quando uma onda sonora se propaga através de um meio, como o ar, as partículas do meio começam a vibrar em resposta à fonte de perturbação, como uma

fonte sonora. Essas vibrações são transmitidas de partícula para partícula, criando uma onda de compressão e rarefação que se move pelo meio.

Quando a onda de pressão se propaga, as partículas do ar se movem para frente e para trás em relação à sua posição de equilíbrio, gerando regiões de compressão e regiões de rarefação no meio. Essas regiões alternadas de alta e baixa pressão são características de uma onda sonora.

Fisicamente, durante a compressão, as partículas do ar se aproximam umas das outras, resultando em um aumento na densidade do ar naquela região. Isso, por sua vez, resulta em um aumento na pressão do ar naquela região. Por outro lado, durante a rarefação, as partículas do ar se afastam umas das outras, resultando em uma diminuição na densidade do ar naquela região e, conseqüentemente, em uma diminuição na pressão do ar.

Portanto, ao longo do tempo e do espaço, a pressão do ar em qualquer posição varia periodicamente devido à passagem da onda sonora. Essa variação na pressão é o que percebemos como som quando a onda sonora atinge nossos ouvidos. À medida que a onda sonora se propaga, ela carrega consigo essas flutuações de pressão que são detectadas como som quando chegam aos nossos ouvidos ou a um sensor de pressão.

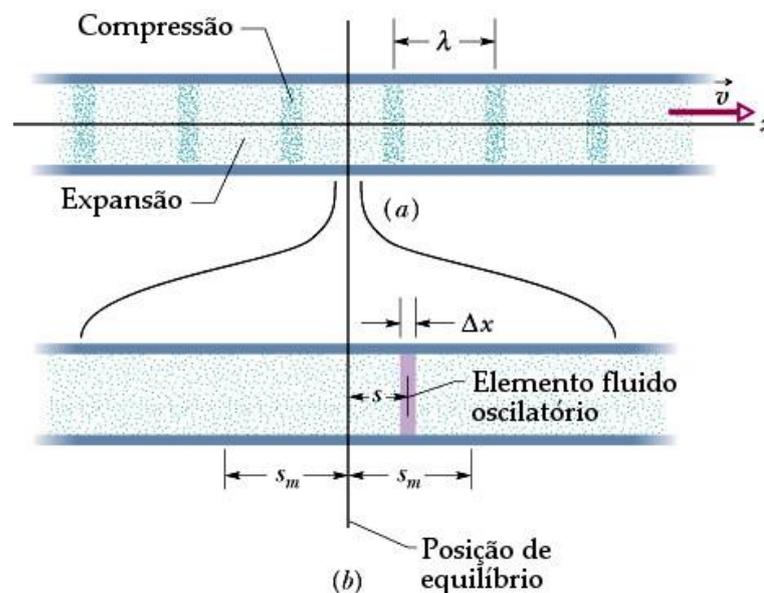


Figura 6 - (a) Uma onda sonora propagando em um tubo cheio de ar é composta por uma série de expansões e compressões periódicas do ar que se deslocam ao longo do tubo. (b) Uma vista horizontal ampliada de uma pequena parte do tubo. No instante

mostrado, o elemento de ar se encontra deslocado de uma distância s para a direita da posição de equilíbrio. O deslocamento máximo é s_m (HALLIDAY, *et al.*, 2016).

3.3 - Superposição de ondas

Uma importante propriedade do movimento ondulatório é o chamado o princípio da superposição. Este afirma que:

“Quando duas ou mais ondas se sobrepõem, a onda resultante é a soma algébrica das ondas individuais.”

Um exemplo é o livro "Física para Cientistas e Engenheiros" de Douglas Giancoli. Em sua discussão sobre o princípio da superposição, ele afirma:

“Quando duas ou mais ondas viajam pelo mesmo meio ao mesmo tempo, a perturbação resultante em qualquer ponto é a soma algébrica das perturbações individuais.”

Essa citação ressalta o princípio fundamental da superposição, que é essencial para entender como as ondas interagem e se comportam quando se encontram. Ao aplicar esse princípio, é possível prever e analisar o comportamento resultante quando diferentes ondas se sobrepõem, tanto em termos de amplitude quanto de fase.

Por exemplo, se temos funções de ondas que satisfazem a equação de onda, então a soma algébrica destas funções também satisfaz à mesma equação de onda. Ou seja, a função de onda resultante é descrita por:

$$y_R(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (22)$$

Este resultado é o enunciado matemático do princípio da superposição para duas ondas. Contudo, a onda resultante pode ser descrita como a soma de N ondas individuais.

Interferência de ondas harmônicas

Sejam duas ondas harmônicas $y_1(x, t)$ e $y_2(x, t)$, que viajam para direita:

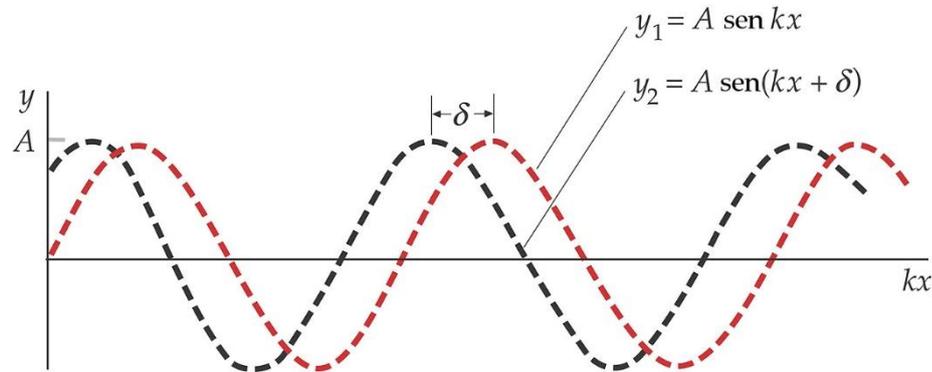


Figura 6 – Duas ondas harmônicas no instante $t = 0$ (TIPLER, 2009).

Seguindo o princípio da superposição temos que a onda resultante é

$$y_R(x, t) = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx - \omega t + \delta). \quad (23)$$

Esta expressão pode ser simplificada, se utilizamos a identidade trigonométrica,

$$\sin a + \sin b = 2 \cos\left(\frac{a-b}{2}\right) \sin\left(\frac{a+b}{2}\right), \quad (24)$$

e então podemos reescrever

$$y_R = \left[2A \cos\frac{1}{2}\delta\right] \sin\left(kx - \omega t + \frac{1}{2}\delta\right). \quad (25)$$

Definindo as constantes, $\delta' = \frac{\delta}{2}$ e $A' = 2A \cos\frac{1}{2}\delta$, obtemos

$$y_R(x, t) = A' \sin(kx - \omega t + \delta'), \quad (26)$$

Se a onda resultante tem a mesma frequência e número de onda das ondas descritas, mas com fase diferente e amplitude dependente do valor da fase, ocorrerá o fenômeno conhecido como interferência. Nesse caso, a interferência pode ser construtiva ou destrutiva, dependendo das diferenças de fase entre as ondas individuais.

Interferência Construtiva: Se as diferenças de fase entre as ondas individuais resultarem em uma soma algébrica positiva (ou seja, as fases estão alinhadas), ocorrerá interferência construtiva. Isso significa que as amplitudes das ondas individuais se somam, resultando em uma amplitude total maior para a onda resultante. Como resultado, haverá regiões onde a amplitude da onda resultante é maior do que a amplitude das ondas individuais. Nessas regiões, ocorrerá um aumento na intensidade da onda.

Interferência Destrutiva: Por outro lado, se as diferenças de fase entre as ondas individuais resultarem em uma soma algébrica negativa (ou seja, as fases estão desalinhadas), ocorrerá interferência destrutiva. Isso significa que as amplitudes das ondas individuais se cancelam parcial ou completamente, resultando em uma amplitude total menor para a onda resultante. Como resultado, haverá regiões onde a amplitude da onda resultante é menor do que a amplitude das ondas individuais. Nessas regiões, ocorrerá uma redução na intensidade da onda. A amplitude total da onda resultante em qualquer ponto do espaço é a soma das amplitudes das ondas individuais consideradas nesse ponto, levando em conta as diferenças de fase entre elas. Portanto, a interferência pode levar a variações na amplitude (e conseqüentemente na intensidade) da onda resultante ao longo do espaço.

Em resumo, se a onda resultante tem a mesma frequência e número de onda das ondas descritas, mas com fase diferente e amplitude dependente do valor da fase, a interferência ocorrerá e determinará a amplitude e a intensidade da onda resultante em diferentes pontos do espaço.

Podemos observar que a onda resultante possui a mesma frequência e número de onda das ondas descritas por y_1 e y_2 , embora com fase δ' diferente e amplitude dependente do valor da fase δ . O fenômeno de duas ou mais ondas de mesma frequência, se sobrepondo para produzir um padrão de intensidade é chamado de interferência. A chamada interferência construtiva ocorre quando as ondas estão em fase ($\delta = 0$ ou $\delta = 2\pi$), e assim a amplitude resultante é a soma das amplitudes individuais. Enquanto isso, na interferência destrutiva as ondas estão fora de fase ($\delta = \pi$), e conseqüentemente a onda resultante tem amplitude nula.

Ondas estacionárias em cordas

Uma onda estacionária é produzida em uma corda fazendo com que uma onda harmônica seja refletida em uma das extremidades da corda e interfira consigo mesma. Para uma corda fixa de comprimento L , existem frequências de ressonância que são correspondentes a uma onda estacionária (ou modo de vibração) com nós e antinós.

"O conceito de antinó é como uma dança entre as polaridades, onde a harmonia surge não da ausência de contraste, mas da interação dinâmica entre luz e sombra, criando uma sinfonia de dualidades que enriquecem a experiência humana."

(Autor desconhecido)

Os chamados nós são pontos onde o deslocamento é nulo. E os antinós se localizam onde a amplitude de deslocamento é máximo.

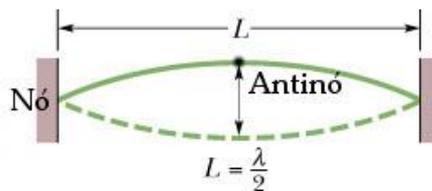


Figura 7 - Modo fundamental em uma corda vibrante (HALLIDAY et al., 2016).

Se a corda é excitada em uma frequência que não é uma frequência de ressonância, a onda estacionária não se forma.

A função de onda estacionária

Vamos agora verificar a função de onda estacionária. Sejam duas ondas harmônicas com mesma amplitude e comprimento de onda, mas que viajam em sentidos opostos:

$$y_1 = A \sin(kx - \omega t) \quad y_2 = A \sin(kx + \omega t) \quad (27)$$

Pelo princípio de superposição (eq. 22), temos que onda resultante será

$$y_R = A \sin(kx - \omega t) + A \sin(kx + \omega t) \quad (28)$$

E aplicando a identidade trigonométrica definida pela eq. (24), temos

$$y'(x, t) = 2A \sin(kx) \cos(\omega t) \quad (29)$$

A função resultante é produto de uma função de x e outra função de t , logo não há propagação. Esta equação descreve a chamada onda estacionária.

Corda fixa nas extremidades

Em uma corda fixa, a função da onda estacionária (eq. 29) deve ser tal que existam nós nas extremidades (uma vez que estas não se movem). Para obedecer a esta condição, o comprimento de onda deverá satisfazer a relação

$$kL = 2n\pi, \quad (30)$$

onde $n = 1, 2, 3, \dots$. Ou seja, o produto kL deve ser um múltiplo inteiro de 2π e isto garante que o seno na eq. (29) seja nulo. Podemos escrever esta condição como

$$\frac{2\pi}{\lambda} L = 2n\pi. \quad (31)$$

Em termos do comprimento de onda, temos

$$\lambda_n = \frac{2L}{n}, \quad (32)$$

aqui escrevemos λ_n pois para cada valor de n temos um valor distinto do comprimento de onda. As frequências de ressonância que correspondem a esses comprimentos de onda obedecem

$$f_n = \frac{v}{\lambda} = n \frac{v}{2L} \quad (33)$$

ou simplesmente,

$$f_n = n f_1, \quad (34)$$

onde $f_1 = \frac{v}{2L}$ é chamada de frequência fundamental. Esta frequência depende apenas da velocidade de propagação e do comprimento da corda. A figura 8 exibe os 5 primeiros modos de vibração para a corda fixa.

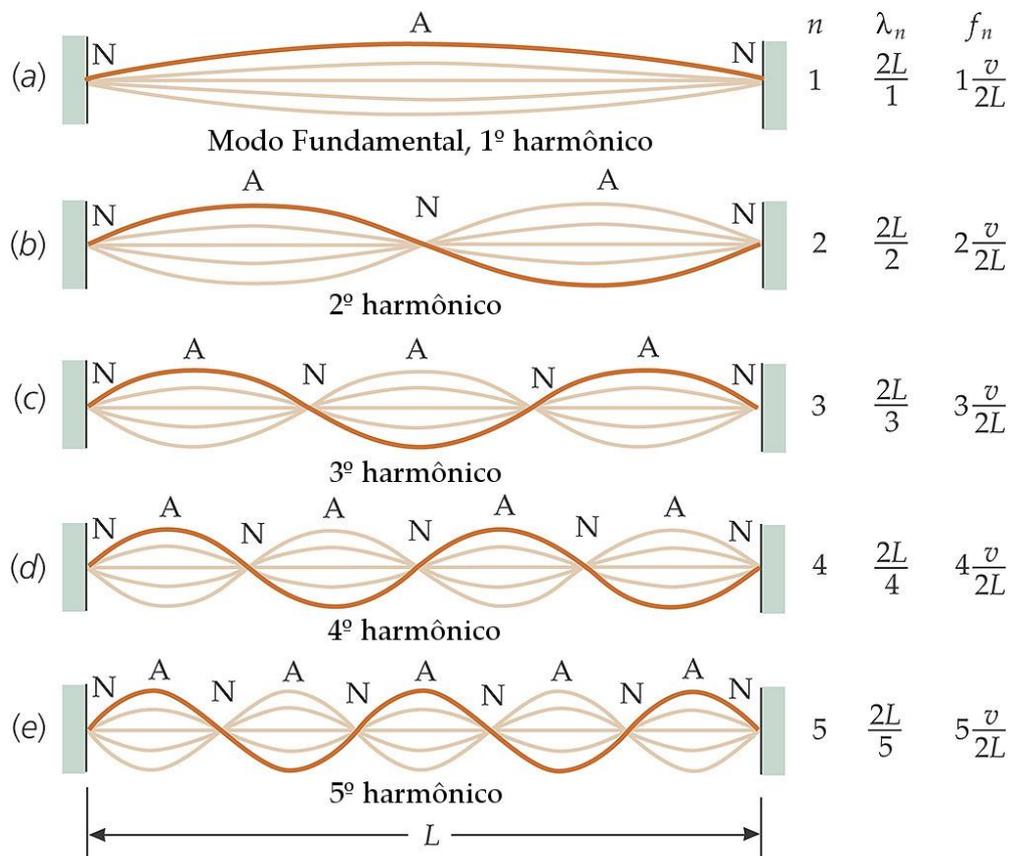


Figura 8 - Ondas estacionárias em uma corda fixa nas duas extremidades (TIPLER, 2009).

Corda fixa em apenas uma extremidade

Esta corda conta com uma extremidade fixa e a outra extremidade livre. De tal maneira que em seu modo fundamental de vibração há apenas nó na extremidade fixa e um antinó na extremidade livre. Então o comprimento de onda que satisfaz estas condições deve ser

$$\lambda_n = \frac{4L}{n}, \quad (35)$$

onde $n = 1, 3, 5, \dots$. As frequências de ressonância são dadas por:

$$f = n \left(\frac{v}{4L} \right) = n f_1. \quad (36)$$

A condição de uma corda fixa em apenas uma extremidade implica que essa extremidade está fixada em uma posição específica, enquanto a outra extremidade é livre para se mover. Quando uma onda viaja ao longo dessa corda, a onda refletirá na extremidade fixa e continuará a viajar na direção oposta. Esta situação é conhecida como reflexão fixa.

A equação de onda descreve o comportamento de uma onda em um meio, como uma corda. Para satisfazer a condição de uma corda fixa em apenas uma extremidade, a equação de onda deve incorporar essa condição de contorno. A equação de onda descreve o comportamento de uma onda em um meio, como uma corda. Para satisfazer a condição de uma corda fixa em apenas uma extremidade, a equação de onda deve incorporar essa condição de contorno.

Matematicamente, ao resolver a equação de onda para uma corda fixa em apenas uma extremidade, a condição de contorno específica é aplicada. Isso geralmente resulta em uma solução que representa ondas refletidas na extremidade fixa da corda. Essas ondas refletidas se combinam com as ondas incidentes para formar um padrão estacionário de ondas na corda.

Em resumo, a equação de onda satisfaz essa condição de corda fixa em apenas uma extremidade incorporando a reflexão das ondas na extremidade fixa da corda na solução da equação. Em resumo, a equação de onda satisfaz essa condição de corda fixa em apenas uma extremidade incorporando a reflexão das ondas na extremidade fixa da corda na solução da equação.

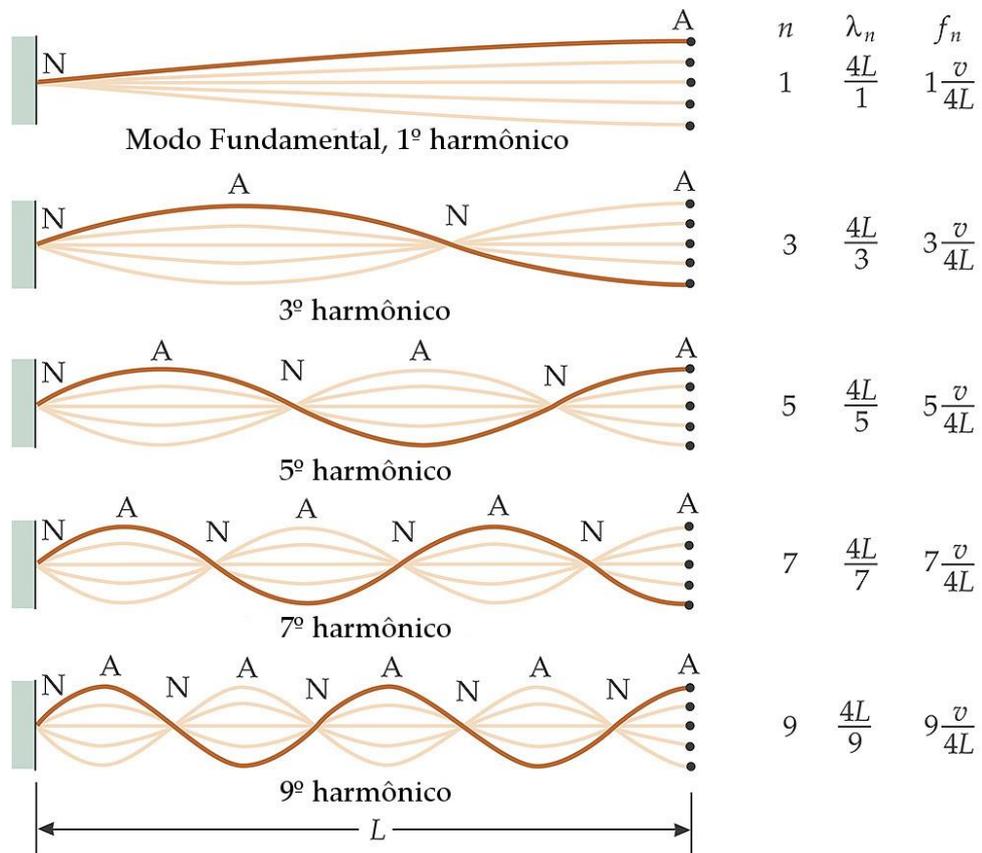


Figura 9 - Ondas estacionárias em uma corda fixa em apenas uma extremidade (TIPLER, 2009).

Ondas Sonoras Estacionárias

Um tubo de órgão é exemplo do uso de ondas estacionárias em colunas de ar. A onda sonora é unidimensional, se diâmetro do tubo é muito menor do que o comprimento de onda λ . Em um tubo, a pressão não varia apreciavelmente perto de uma extremidade aberta (permanece igual a pressão atmosférica P_{atm}). As frequências de ressonância do tubo dependem do seu comprimento L , e dependem também se a abertura superior é fechada ou aberta. No tubo com as duas extremidades abertas (tubo aberto), o nó de pressão está próximo da extremidade aberta do tubo. As condições de ressonância da onda são as mesmas da corda fixa. No tubo com apenas uma extremidade fechada, as condições de ressonância são as mesmas da corda com uma extremidade livre (TIPLER, 2009).

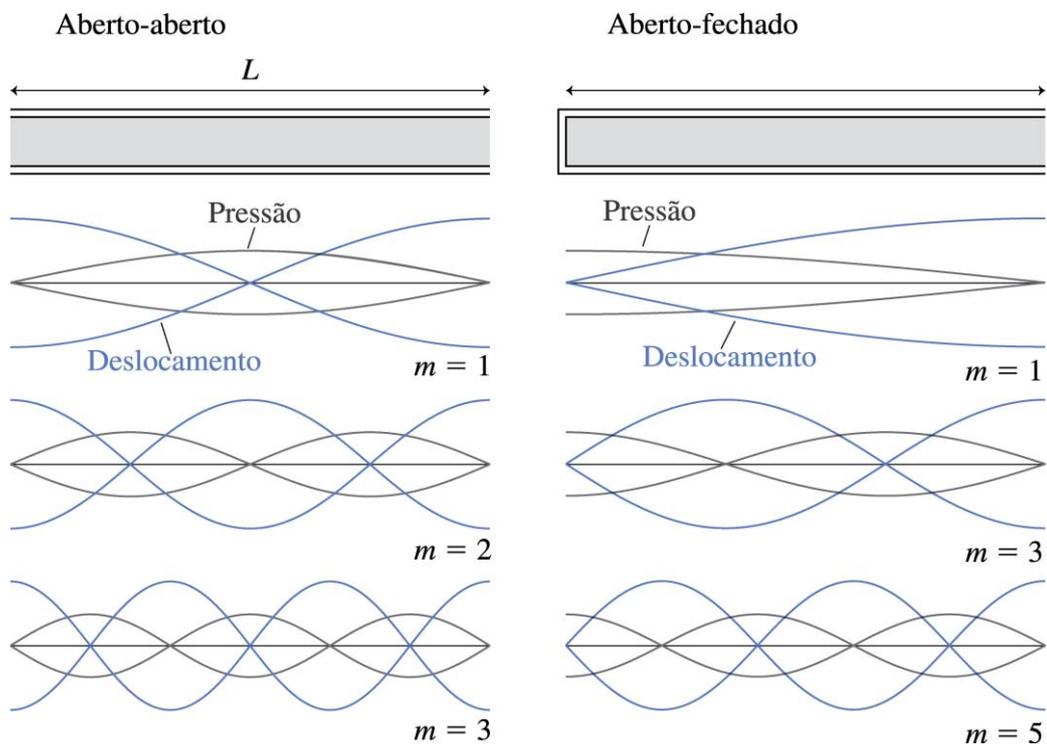


Figura 10 - (a) Tubo aberto: O nó de pressão está próximo da extremidade aberta do tubo. As condições de ressonância da onda são as mesmas da corda fixa. (b) Tubo fechado: Há um nó de pressão perto da abertura e um antinó na extremidade fechada. As condições de ressonância da onda são as mesmas da corda com uma extremidade livre (KNIGHT, 2009).

4 – APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL: NATUREZA E PROPAGAÇÃO DE ONDAS MECÂNICAS

4.1 – CONTEXTO ESCOLAR

A sequência didática apresentada a seguir, constitui-se no produto educacional necessário para conclusão do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), realizado no polo 47.

Este trabalho foi realizado entre os dias 19/11/2022 e 30/11/ 2022, em uma escola de ensino médio, o Centro de Ensino LUCÍLIA MOREIRA, localizado no Bairro de Pacas, zona rural da cidade de Pinheiro – MA. A aplicação do produto aconteceu na turma 200 do 2º ano. Esta contava com 50 alunos, com idade média de 16 anos.

A escola referida não possui laboratório, assim foi necessário utilizar material de baixo custo em sala de aula, para que pudéssemos demonstrar as experiências do produto educacional. A sala de aula tem uma estrutura simples, com dimensões de 6 m x 8 m, onde consta, um quadro branco, uma mesa com cadeira para o professor, cinquenta carteiras para alunos.



Figura 11: Aplicação da Sequência Didática

4.2 – DESCRIÇÃO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Esta sequência didática é um plano de ensino organizado e estruturado para facilitar a compreensão dos conceitos relacionados às ondas mecânicas, tanto teórica quanto experimentalmente. Aqui está uma possível descrição sobre este tema:

Objetivos:

1. Compreender os princípios básicos das ondas mecânicas, incluindo definições, características e tipos.
2. Identificar e descrever os fenômenos ondulatórios no contexto mecânico.
3. Aplicar os conceitos de ondas mecânicas em problemas práticos.
4. Realizar experimentos simples para observar e analisar o comportamento das ondas mecânicas.

A sequência sugerida aconteceu em cinco encontros, mas pode ser adaptada pelo professor conforme seu tempo disponível e interesses. Cada encontro foi composto de duas aulas de 50 minutos.

4.2.1 – Encontro 01

No primeiro encontro apresentamos o projeto explicando a proposta do nosso trabalho, e todas as etapas da sequência didática. Em seguida, a turma assistiu a dois vídeos, exibidos com o objetivo de despertar a curiosidade acerca dos fenômenos ondulatórios.

No final do encontro aplicamos 3 questionários, onde o primeiro questionário possuía perguntas com objetivo de sondar o grau de dificuldades que os alunos possuíam em relação disciplina de Física. E os dois últimos foram relativos aos vídeos exibidos. Os questionários se encontram nos apêndices.



Figura 12 - Encontro 01 da sequência didática

4.2.2 – Encontro 02

No segundo encontro tivemos uma aula expositiva, utilizando quadro branco e TV de LED (não havia Datashow na escola). Tratamos dos seguintes temas:

- Ondas mecânicas (ondas na superfície da água com propagação do som).
- Relação entre frequência perceptível (sons agudos e graves) e período.
- Velocidade de propagação da onda sonora.
- Qualidades fisiológicas do som
- Ondas estacionárias.



Figura 13 – Aula expositiva

4.2.3 - Encontro 03

Aqui tivemos a construção de 03 experimentos com a interação dos alunos, auxiliados pelo professor de Física. Nosso objetivo foi demonstrar experimentalmente diversos fenômenos ondulatórios. Os roteiros das atividades experimentais se encontram no apêndice B.



Figura 14: Construção do experimento

4.2.4 – Encontro 04

No encontro quatro, tivemos a análise e discussão das atividades experimentais feitas no encontro anterior. Os alunos se mostraram bastante participativos

4.2.5 - Encontro 05

Este encontro foi reservado para aplicação de um questionário avaliativo da sequência didática. Devido a um problema no transporte escolar, nem todos os alunos puderam comparecer a escola no dia.

4.3 – ANÁLISE DE RESULTADOS

Apresentamos nesta seção o resultado dos questionários aplicados durante a sequência didática com o objetivo de avaliar a aplicação do produto.

4.3.1 – AVALIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO I

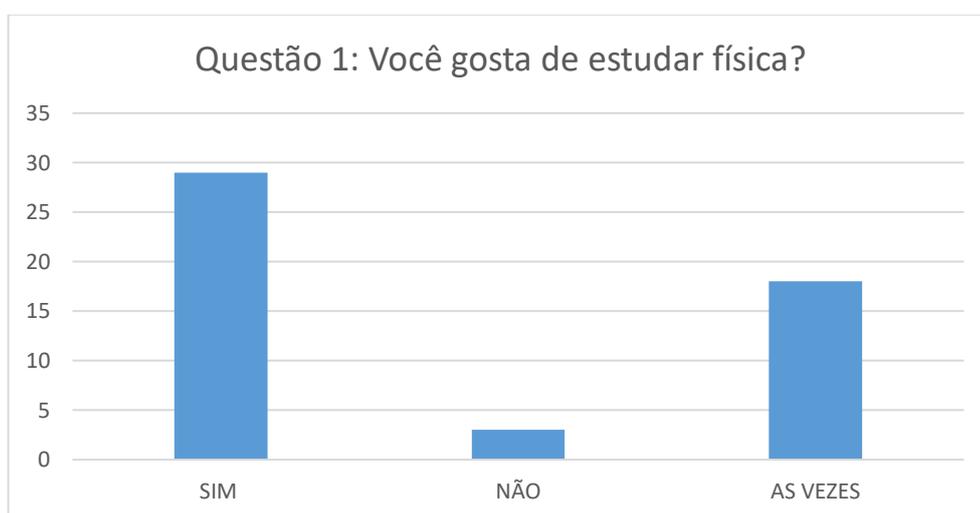


Figura 15: Distribuição das respostas a primeira questão do Questionário I.

Conforme podemos observar na figura 15, 58% dos alunos da turma afirmaram gostar de estudar física, 36% responderam “às vezes” e apenas 6% responderam negativamente. Dessa forma, podemos considerar que a turma em questão não apresenta uma rejeição a disciplina.

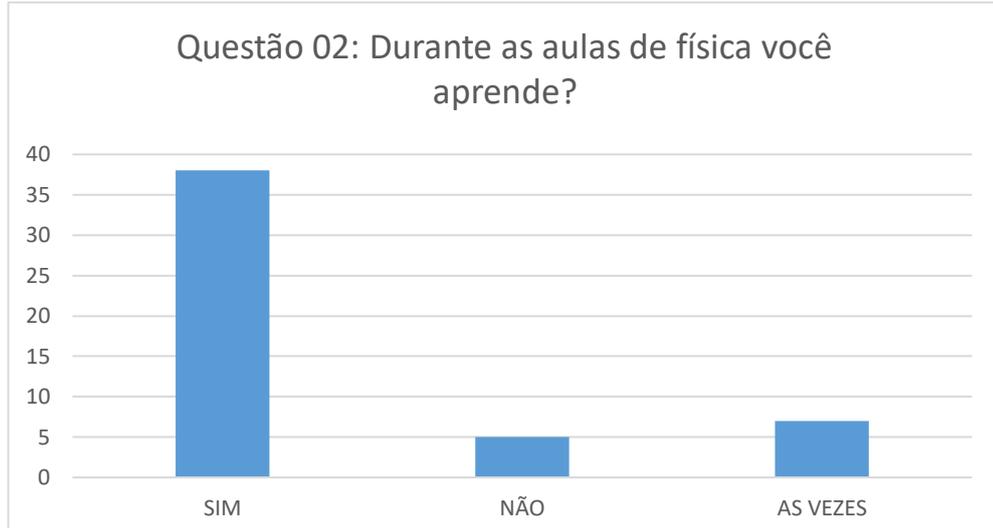


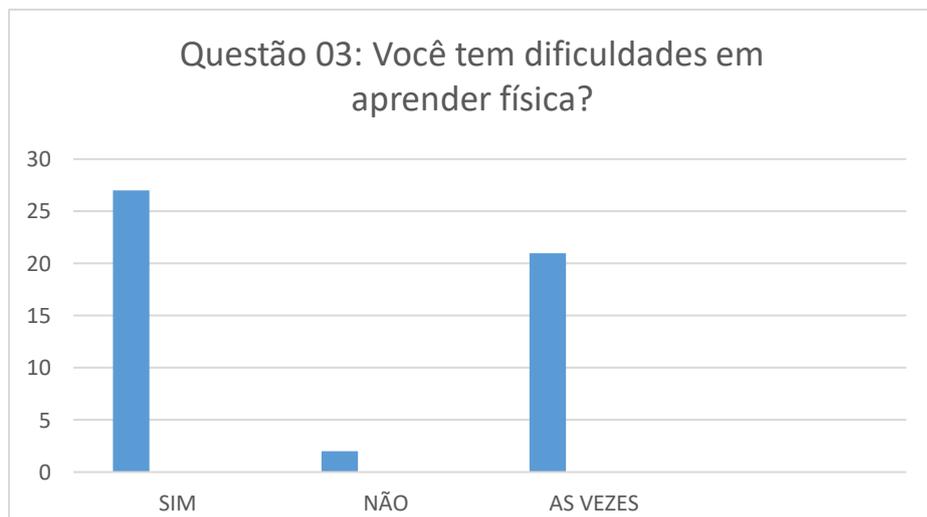
Figura 16: Distribuição das respostas a segunda questão do Questionário I.

De acordo com os dados expostos na figura 16, 76% dos alunos afirmaram aprender durante as aulas (resposta “sim”), 14% aprendem às vezes e 10% responderam que não. Temos então que a maior parte da turma considera que aprende a disciplina, contudo aproximadamente 25% considera que não aprende.

Com relação a terceira questão, boa parte dos alunos afirma ter dificuldades no aprendizado em Física, considerando que 42% respondeu “às vezes” e 4% respondeu não. Pouco que a metade da turma (54%) considerou não ter dificuldades.

OB1

Figura 17: Distribuição das respostas a terceira questão do Questionário I.



De acordo com as respostas, podemos considerar que a maioria da turma gosta e consegue aprender a disciplina, contudo uma boa parte afirma possuir dificuldades na aprendizagem

4.3.2 – AVALIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO II

Durante a aplicação do produto, os alunos assistiram a um vídeo sobre um sapo que cantava na superfície da água e fazia com que a mesma vibrasse, sendo assim uma fonte de ondas. No mesmo encontro, aplicamos o questionário II.

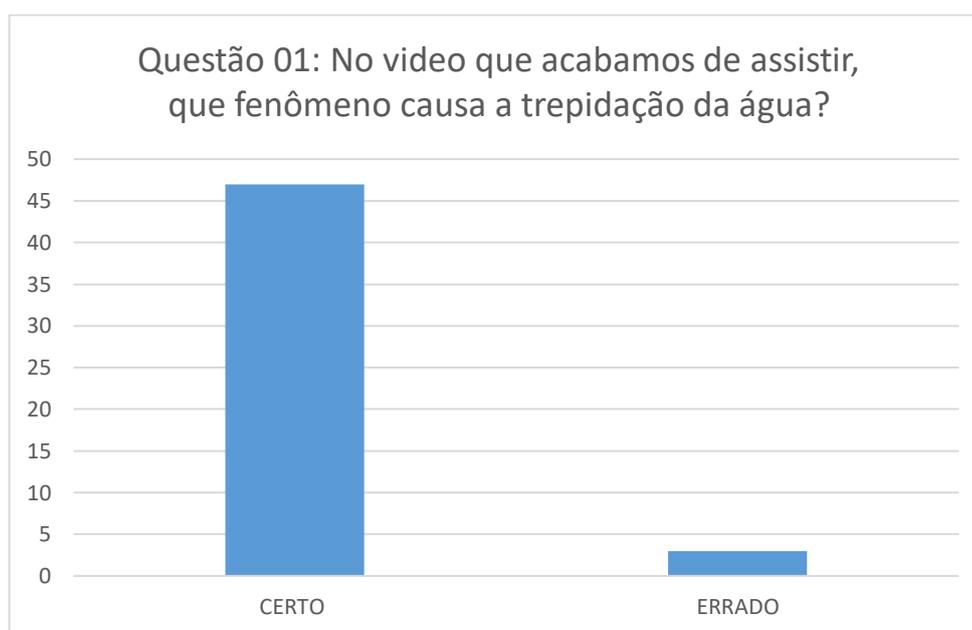


Figura 18 - Distribuição da quantidade de respostas na primeira questão do Questionário II

As respostas fornecidas na questão 1 mostram que um grupo de 94% dos alunos escolheu a opção correta e apenas 6% escolheu uma opção incorreta.

Na questão 2, novamente, a grande maioria (92%) acertou a pergunta e uma parte menor (6%) marcou alguma alternativa errada.

A mesma tendência aconteceu na questão 03, onde porcentagem de erros e acertos foi a mesma da questão 01 (94% e 6 % respectivamente).

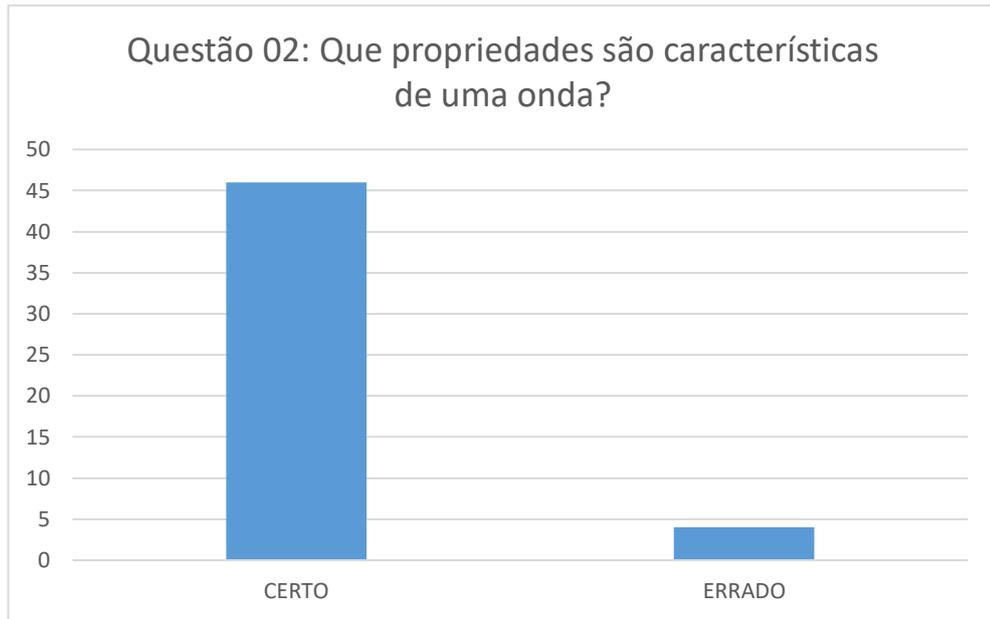


Figura 19 - Distribuição da quantidade de respostas na segunda questão do Questionário II

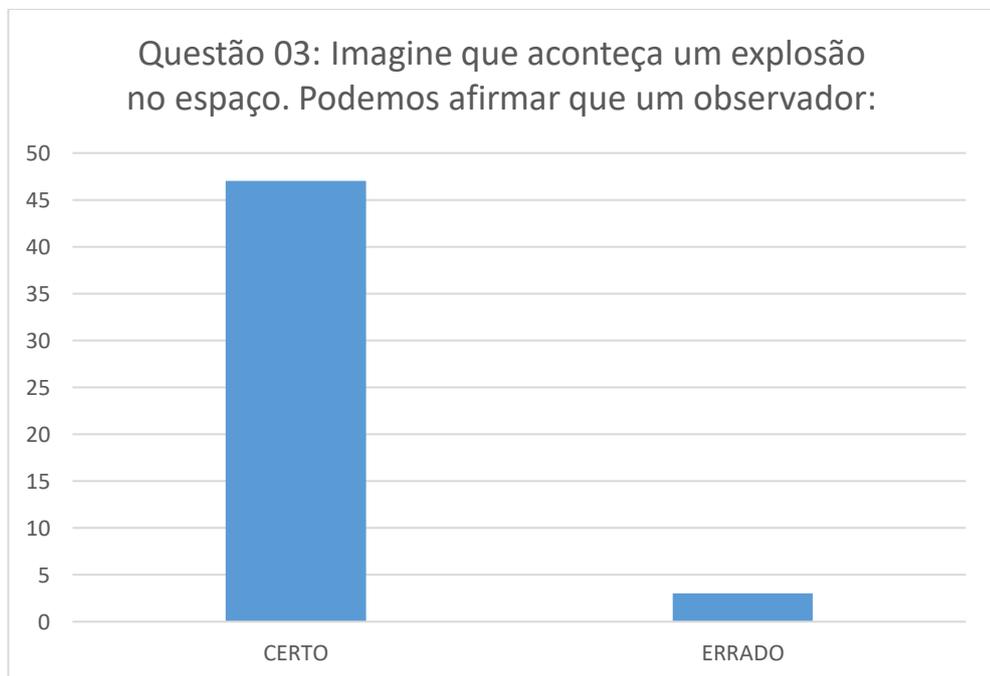


Figura 20 - Distribuição da quantidade de respostas na terceira questão do Questionário II

Portanto, podemos afirmar que a maior parte da turma conseguiu aprender os conceitos de ondulatória que foram abordados no questionário II.

4.3.3 – AVALIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO III

Após assistirem a um vídeo onde um músico tocava um violão, os alunos observaram em detalhe o movimento das cordas daquele instrumento. Em seguida, a turma respondeu o questionário III.

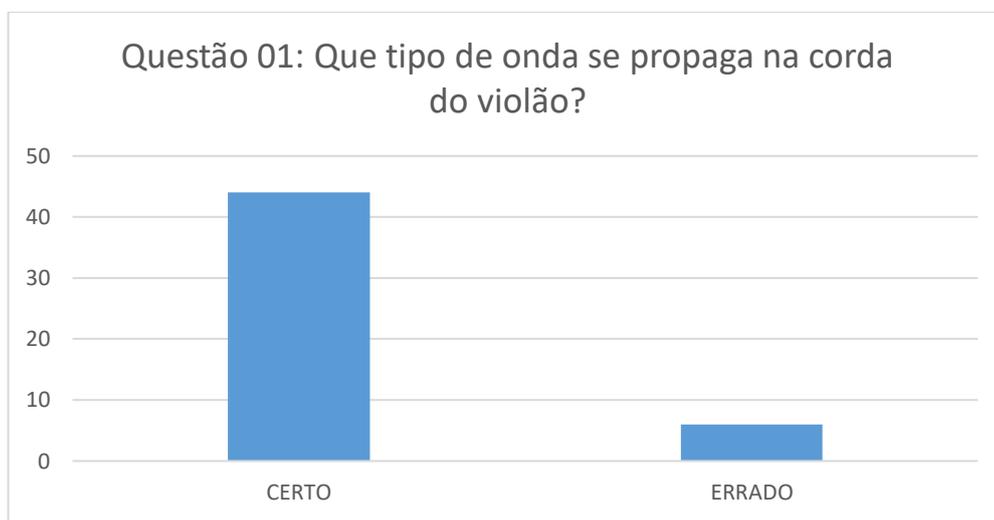


Figura 21 - Distribuição da quantidade de respostas na terceira questão do Questionário III

Na questão 1, temos que um total de 88% dos alunos escolheu a opção correta enquanto 12% escolheu alguma opção incorreta. Na questão 2, tivemos 96% de acertos e 4% de alternativas incorretas. Finalmente, na questão 03, tivemos 80% de acertos e 20% de alternativas incorretas.

Os resultados não se mostraram tão positivos como aqueles do questionário II. Mas uma vez que em todas as perguntas do questionário a maioria dos alunos respondeu corretamente, podemos concluir que houve uma boa aprendizagem.

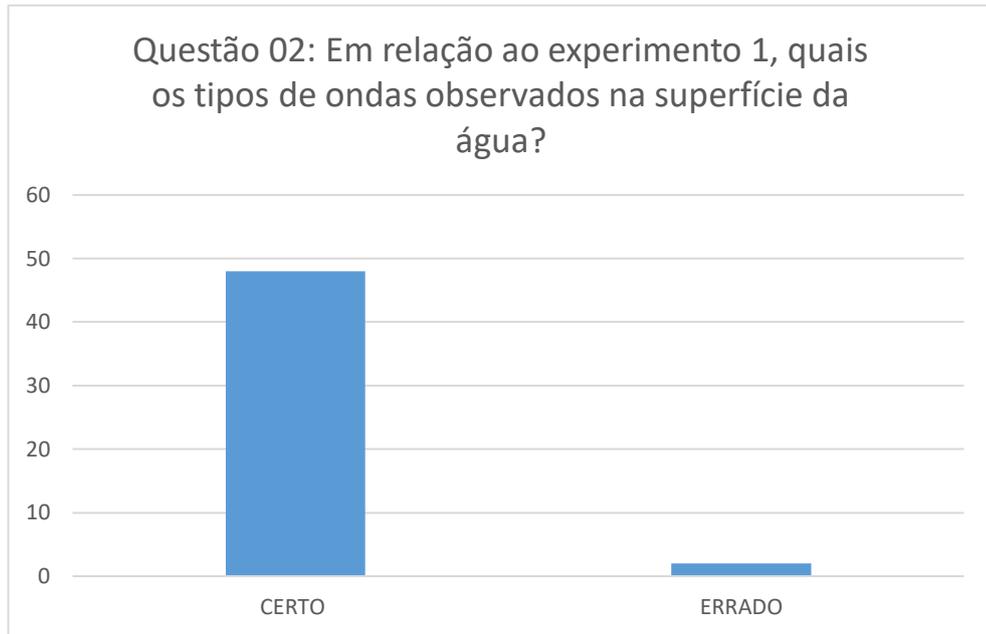


Figura 22 - Distribuição da quantidade de respostas na segunda questão do Questionário III

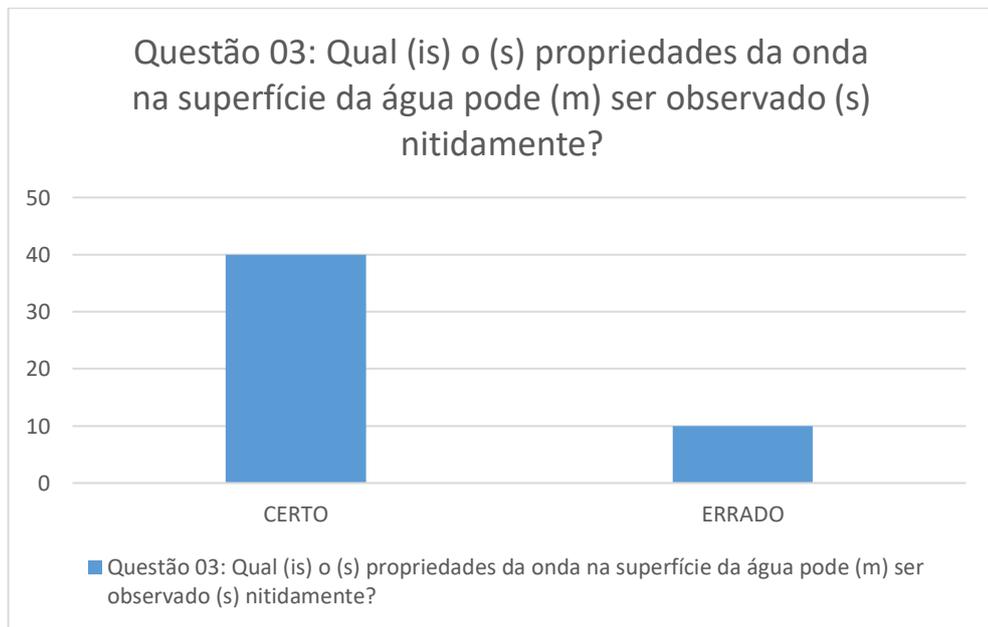


Figura 23 - Distribuição da quantidade de respostas na terceira questão do Questionário III

4.3.4 – AVALIAÇÃO DO QUESTIONÁRIO IV

Este questionário foi fornecido a turma com objetivo de conhecer qual foi a avaliação dos alunos acerca da sequência didática aplicada. Nas figuras a seguir, o resultado obtido em cada pergunta.

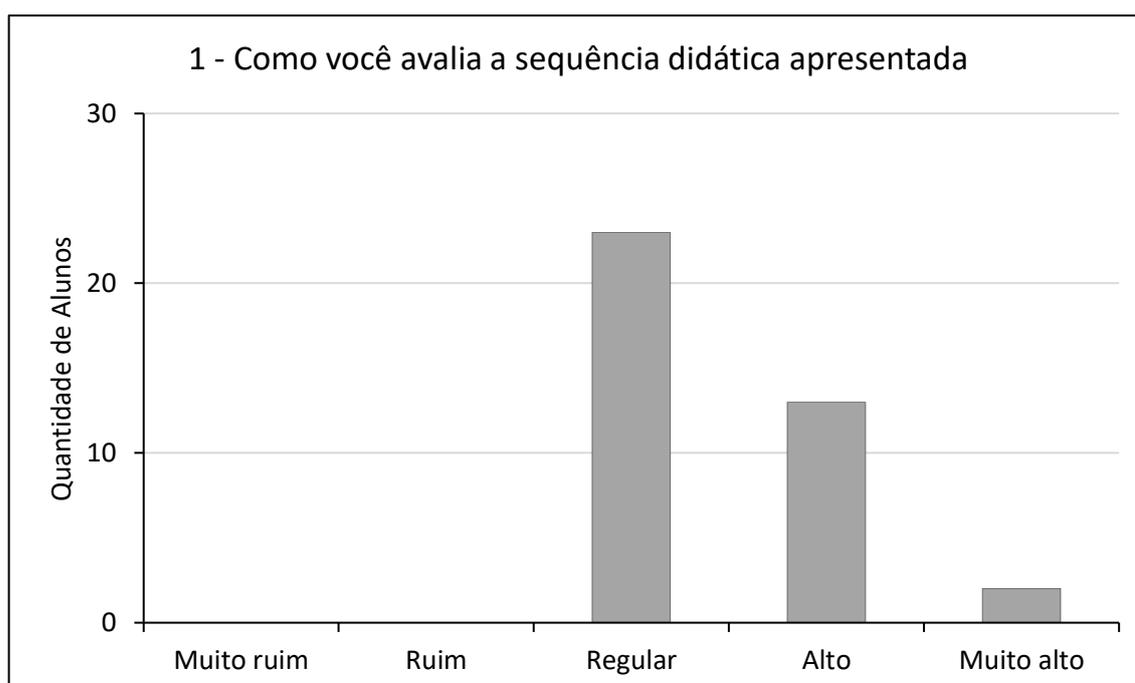


Figura 24 – Respostas da questão 1 do questionário IV

Na questão 01, 24 alunos responderam “Regular”, 13 alunos responderam “Alto” e 4 alunos responderam “Muito Alto”. Destacamos que não houve nenhum aluno considerou a SD (Sequência Didática) ruim, contudo a maioria considerou regular.

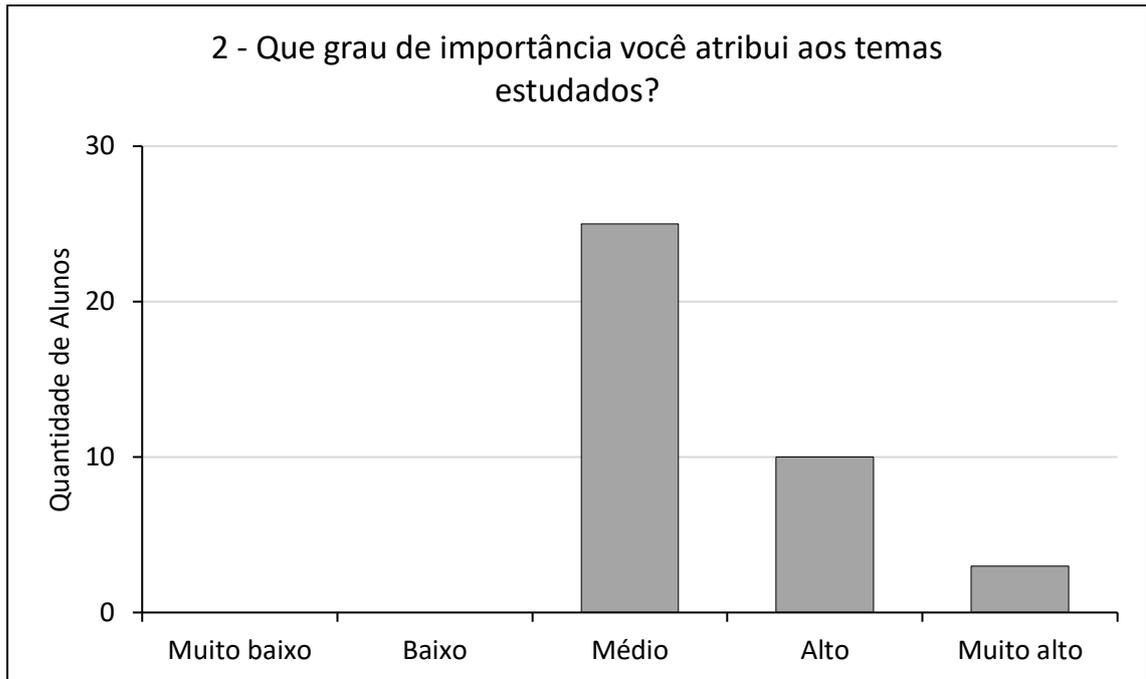


Figura 25 - Respostas da questão 2 do questionário IV

Na questão 02, 26 alunos responderam “Médio”, 10 responderam “Alto” e 5 responderam “Muito alto”. Não houve avaliação negativa por parte dos alunos.

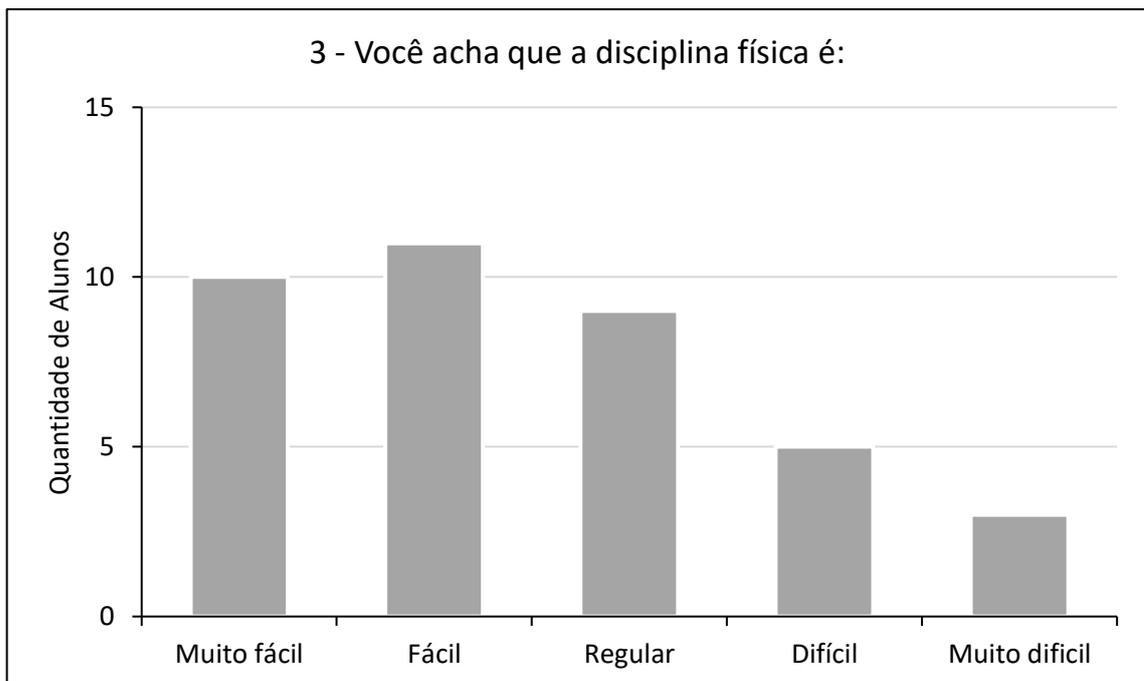


Figura 26 - Respostas da questão 3 do questionário IV

Na questão 03, 10 alunos responderam “Muito fácil”, 13 alunos responderam “Fácil”, 9 alunos responderam “Regular”, 5 responderam “Difícil” e 4 responderam “Muito difícil”. Podemos observar que neste quesito foram bem distribuídas, apesar de um número significativo considerar a disciplina difícil.

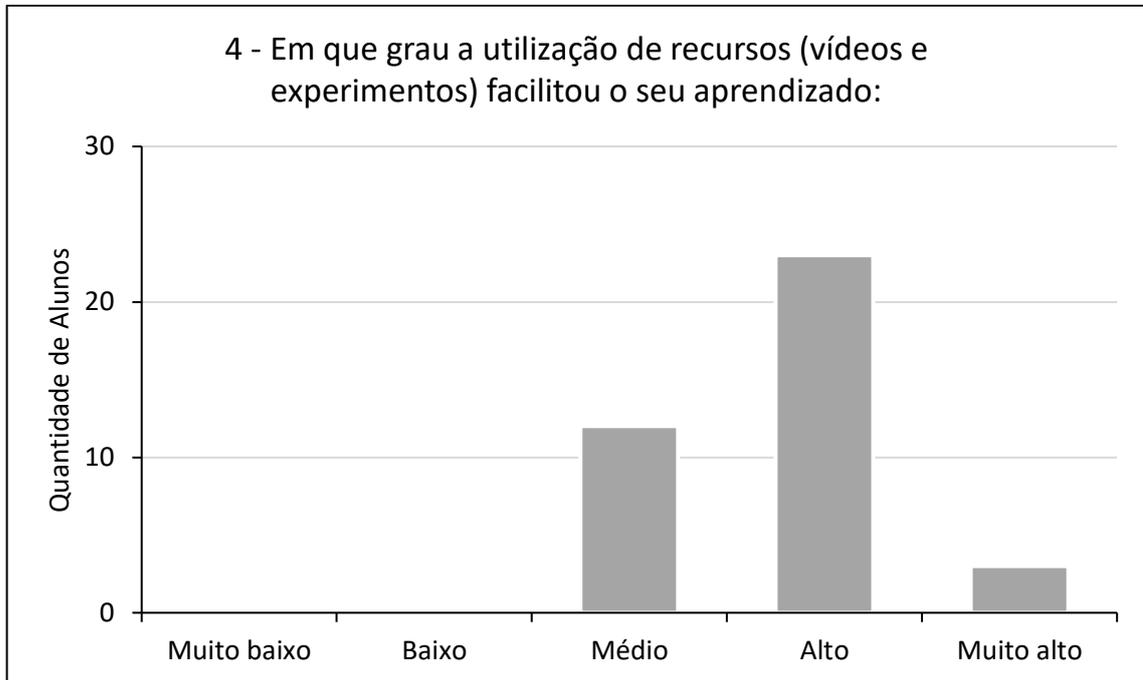


Figura 27 - Respostas da questão 4 do questionário IV

Na questão 04, 14 alunos responderam “Médio”, 24 responderam “Alto” e 3 responderam “Muito alto”. Vale destacar que a maioria considerou que o uso dos recursos didáticos facilitou o aprendizado do conteúdo.

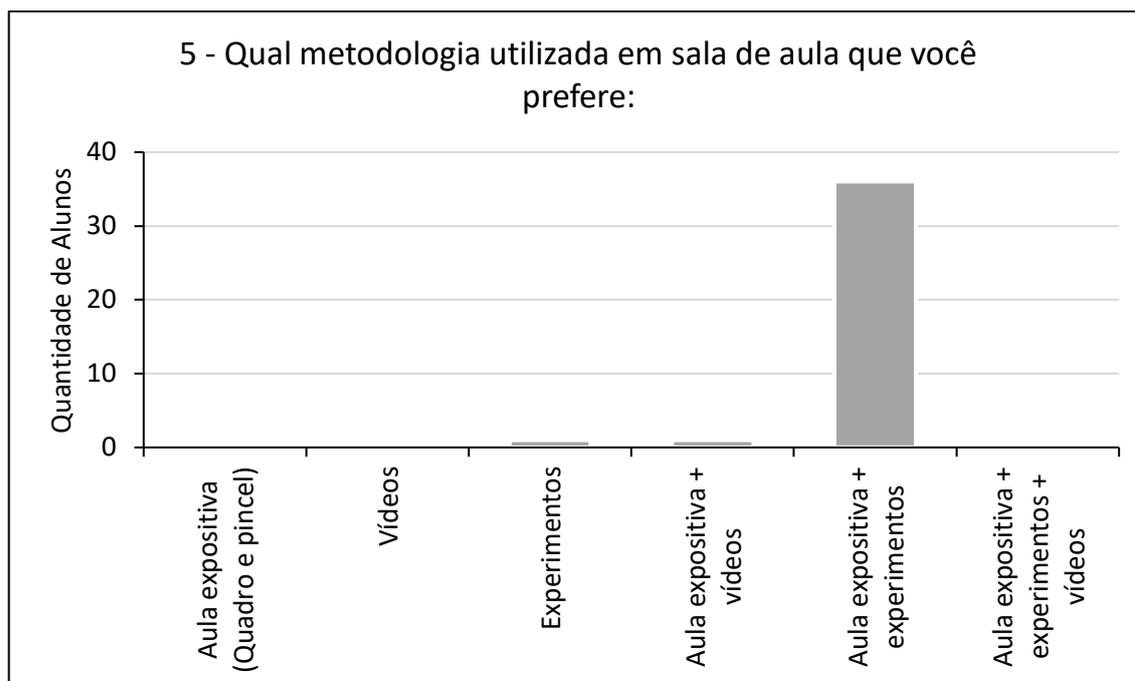


Figura 28 - Respostas da questão 5 do questionário IV

Na questão 05, 02 alunos responderam “Experimentos”, 02 alunos responderam “Aula expositiva + vídeo” e 37 responderam a alternativa Aula expositiva + experimentos”. É bastante claro, que a grande maioria dos alunos prefere aprender com atividades experimentais sobretudo em conjunto com a aula expositiva.

5 – CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embasados nos pressupostos da teoria de Ausubel, construímos uma sequência didática para ensino de ondulatória. Em seguida, pudemos aplicar a sequência em uma escola da rede pública. Ao final da aplicação aplicamos um questionário para conhecer o que os alunos acharam da sequência didática.

Diante de todo o exposto, verificamos que os vídeos e experimentos demonstrativos de ondas sonoras, estes feitos de materiais de baixo custo, demonstraram ser uma ferramenta viável para potencializar a aprendizagem significativa.

Encontramos algumas dificuldades com o transporte escolar (responsabilidade do município). É necessária certa habilidade para conseguir produzir uma aula com a total frequência dos alunos, que será uma constante necessária para a boa formação dos padrões desejados.

Apesar dos obstáculos já mencionados, consideramos a experiência como uma boa metodologia de ensino, uma vez que usando vídeos e experimentos demonstrativos, durante as aulas teóricas como uma ferramenta complementar, o professor pode sistematizar e enriquecer os conteúdos teóricos. Além de ser uma boa maneira de fazer os alunos interagirem uns com os outros e fazer a aula mais atrativa, os experimentos auxiliam o professor no trabalho de conteúdo, antes vistos pelos alunos, como complexos, desinteressantes e fora da realidade dos mesmos.

Podemos destacar o fato de que nos questionários aplicados (referentes aos vídeos), a quantidade de acertos foi sempre bastante superior a quantidade de erros. No questionário de avaliação da sequência, os estudantes demonstraram preferir as aulas expositivas com a inclusão de experimentos. O que pode ser observado durante a execução do trabalho.

O encanto e a força didática destas aulas falam por si e, certamente, quando exposto aos alunos da turma 200 do 2º ano do Ensino Médio do Centro de Ensino Lucília Moreira, seu estímulo visual e sonoro pode interessar futuros pesquisadores no campo da acústica e fazer avançar este ramo da Física quase sempre negligenciados nas escolas. Além disso, poderá permitir que os mesmos participem desta disciplina para futuras demonstrações desse gênero aos futuros

estudantes de Física com o ensejo de que ele estimule o ensino de ondulatória e acústica nas escolas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimento: uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2003.

CARVALHO, A.M.P. O ensino de ciências e a proposição de sequências de ensino investigativa. In: Carvalho, A. M. P. (org.). Ensino de Ciências por Investigação: condições para implementação em sala de aula. São Paulo, Cengage Learning. 2013.

MOREIRA, Marco Antônio. Teorias de aprendizagem São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem significativa crítica. Porto Alegre: Instituto de Física da UFRGS. 2005.

BARCELOS, V. H. L. Educação ambiental, representações sociais e literatura: um estudo a partir do texto literário de Octávio Paz. In: SANTOS, j. e. dos SATO, M. [Ed.]. A contribuição da educação ambiental à esperança de Pandora. São Carlos: RiMa, 2001. p. 479 – 496.

CASCINO, F. Educação ambiental: princípios e prática. 2. ed. São Paulo: Gaia, 1993.

CHAUÍ, Marilena. Conformismo e resistência: aspectos da cultura popular no Brasil. 6. ed. São Paulo: Brasiliense, 1994.

DEMO, Pedro. Desafios modernos na educação. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1993.

GADOTTI, Moacir. Uma só escola para todos. 2. ed. Petrópolis: Vozes, 1994.

HEINSTRA, M & FARLING, C. Psicologia Ambiental Edusp, 1978.

KRUPPA, Sônia Maria Portela. Sociologia da educação. 1. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

LIBÂNEO, José Carlos. Didática. 1. ed. São Paulo: Cortez, 1994.

_____, Democratização da escola pública: a pedagogia crítica social dos conteúdos. 12. ed. São Paulo: Loyola, 1994.

MELLO, Guidam Amo. De, Cidadania e Competividade, desafios educacionais do terceiro milênio. 4. ed. São Paulo: Cortez, 1995.

NILDECOFF, Maria Tereza. Uma escola para o povo brasileiro. 35. ed. São Paulo, 1994.

PINTO, A. V. Sete lições sobre educação de adultos. 5. ed. São Paulo: Autores Associados: Cortez, 1987 (Educação Contemporânea).

ALMEIDA, L. M. W., FONTANINI, M. L. C. Aprendizagem Significativa em Atividades de Modelagem Matemática: Uma Investigação usando Mapas Conceituais. Investigações em Ensino de Ciências. Vol. 15, Nº 2, 2010, p. 403 - 425.

AUSUBEL, D. P. Aquisição e retenção de conhecimentos: Uma perspectiva cognitiva. Lisboa: Plátano Edições Técnicas, 2000.

LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. A. Fundamentos de Metodologia Científica. 5ª ed., São Paulo: Atlas, 2003.

MOREIRA, M. A. Aprendizagem Significativa. Brasília: Editora da Universidade de Brasília. 1999.

MOREIRA, M. A. Teorias da Aprendizagem. São Paulo: E.P.U., 2014.

NOVAK, J. D., CAÑAS, A. J. A Teoria Subjacente aos Mapas Conceituais e como elaborá-los Lós e Usá-Los. Práxis Educativa. ANEXOS

ALMEIDA, Norma Martins de. Aprendizagem normal e prejudicada. São Paulo: Santos, 2009.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. Física para Cientistas e Engenheiros vol.1 – Mecânica, Oscilações e Ondas, Termodinâmica. 6a ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. Fundamentos de Física – Gravitação, Ondas e Termodinâmica. - Vol. 2. 10° Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

KNIGHT, R. D. Física: uma abordagem estratégica: Volume 1 - Mecânica Newtoniana, Gravitação, Oscilações e Ondas. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A
QUESTIONÁRIOS

QUESTIONÁRIO I

01- Você gosta de estudar física?

Sim () Não () Às vezes ()

02 – Durante as aulas de física você aprende?

Sim () Não () Às vezes ()

03 – Você tem dificuldades em aprender física?

Sim () Não () Às vezes ()

QUESTIONÁRIO II

- 1 – No vídeo que acabamos de assistir, que fenômeno causa a trepidação da água?
- (a) A respiração do sapo
 - (b) O som emitido pelo sapo
 - (c) O movimento do sapo
 - (d) Não sei informar
- 2 - Que propriedades são características de uma onda?
- (a) Largura, altura, profundidade.
 - (b) Frequência, comprimento de onda, amplitude.
 - (c) Posição, aceleração, massa.
 - (d) Não sei informar.
- 3 - Imagine que aconteça uma explosão no espaço. Podemos afirmar que um observador:
- (a) Ouvirá a explosão totalmente.
 - (b) Ouvirá a explosão parcialmente.
 - (c) Não ouvirá nada.
 - (d) Não sei responder.

QUESTIONÁRIO III

1. Que tipo de onda se propaga na corda do violão?
 - (a) Longitudinal
 - (b) Bidimensional
 - (c) Transversal
 - (d) Não sei responder

2. Em relação ao experimento 1, quais os tipos de ondas observados na superfície da água?
 - (a) Longitudinais em uma dimensão.
 - (b) Transversais em uma dimensão.
 - (c) Transversais em duas dimensões.
 - (d) Longitudinais em duas dimensões.
 - (e) Não sei responder.

3. Qual(is) propriedades da onda na superfície da água pode(m) ser observado(s) nitidamente?
 - (a) Comprimento de Onda.
 - (b) Amplitude.
 - (c) Frequência.
 - (d) Não sei informar.

QUESTIONÁRIO IV

1 – Como você avalia a sequência didática apresentada:

- (a) Muito ruim
- (b) Ruim
- (c) Regular
- (d) Alto
- (e) Muito alto

2 – Que grau de importância você atribui aos temas estudados?

- (a) Muito baixo
- (b) Baixo
- (c) Médio
- (d) Alto
- (e) Muito alto

3 – Você acha que a disciplina física é:

- (a) Muito fácil
- (b) Fácil
- (c) Regular
- (d) Difícil
- (e) Muito difícil

4 – Em que grau a utilização de recursos (vídeos e experimentos) facilitou o seu aprendizado:

- (a) Muito Baixo
- (b) Baixo
- (c) Médio
- (d) Alto
- (e) Muito Alto

5 – Qual metodologia utilizada em sala de aula que você prefere:

- (a) Aula expositiva (Quadro e pincel)
- (b) Vídeos
- (c) Experimentos
- (d) Aula expositiva + vídeos
- (e) Aula expositiva + experimentos
- (f) Aula expositiva + experimentos + vídeos

APÊNDICE B
ROTEIROS DAS ATIVIDADES EXPERIMENTAIS

Experimento I:

MATERIAIS NECESSÁRIOS

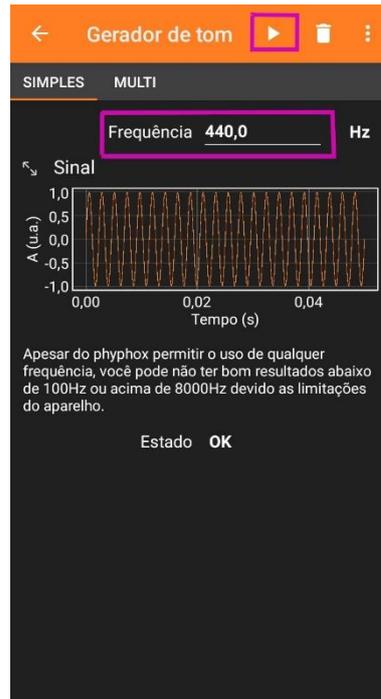
- Celular tipo smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Balão
- Tubo de PVC.

PROCEDIMENTO

- 1) Serrar um pedaço de cano PVC de 100mm
- 2) Cortar o balão para em seguida colocá-lo em uma das extremidades do tubo
- 3) Colocar a caixa de som dentro do tubo;
- 4) Conectar a caixa de som através do *bluetooth*.
- 5) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção “Gerador de tom” (observe a figura).



- 6) Escolha uma frequência (por exemplo 440 Hz) e aperte o botão *play* (observe a figura)



O autofalante emitirá dentro do tubo uma onda sonora com frequência bem definida que será refletida na membrana plástica, de modo que a onda resultante poderá apresentar um modo de vibração.

Experimento II

MATERIAIS NECESSÁRIOS

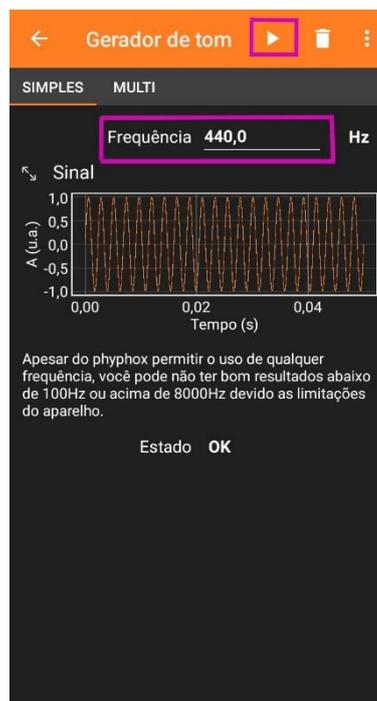
- Celular tipo smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Prato plástico descartável fundo (15 cm diâmetro)
- Água

PROCEDIMENTO

- 1) Colocar o prato plástico sobre a caixa de som,
- 2) Preenche o prato cuidadosamente com água.
- 3) Conectar a caixa de som através do *bluetooth*.
- 4) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção "Gerador de tom"



5) Escolha uma frequência (por exemplo 440 Hz) e aperte o botão *play*



Enquanto a caixa estiver tocando será possível observar as ondulações na superfície da água.

Experimento III

MATERIAIS NECESSÁRIOS

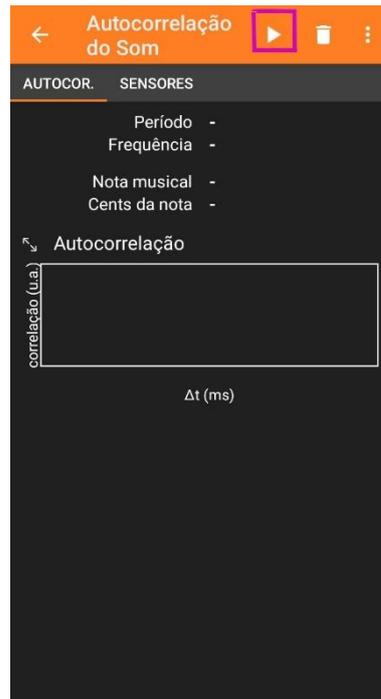
- Celular tipo smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Tubos de caneta vazios
- Apitos

PROCEDIMENTO

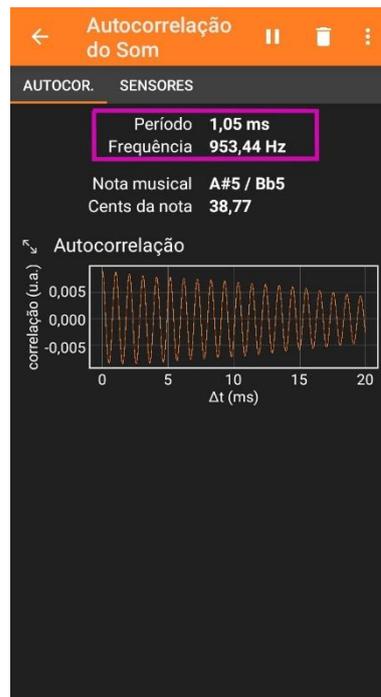
- 1) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção “Auto correlação do Som”



2) Apertar o botão *play* do aplicativo.



- 3) Segurar o tubo tampando uma extremidade com o dedo polegar
- 4) Assoprar levemente a extremidade livre para gerar uma onda sonora
- 5) Registrar o valor frequência emitida



APÉNDICE C
PRODUTO EDUCACIONAL

EVALDO GILBERTO MOREIRA
KARL MARX SILVA GARCEZ

**VÍDEOS E ATIVIDADES COMO POTENCIALIZADORES DA
APRENDIZAGEM: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE
ONDULATÓRIA**

1 - PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA

TEMA	ONDULATÓRIA E ACÚSTICA
Apresentação	Esta sequência didática tem por finalidade despertar o interesse de alunos em relação aos fenômenos da ondulatória e acústica, bem como associar os conceitos envolvidos nas situações do dia a dia auxiliando – os na compreensão dos assuntos abordados na prática. O trabalho está dividido em 05 (cinco) encontros.
Objetivo Geral	Explorar conceitos fundamentais das ondas mecânicas, promovendo a compreensão teórica e a aplicação prática por meio de experimentos e vídeos.
Objetivos específicos conceituais	<ul style="list-style-type: none"> • Definir ondas mecânicas e distinguir entre ondas transversais e longitudinais. • Identificar meios materiais nos quais as ondas mecânicas podem se propagar. • Descrever as características fundamentais das ondas, como amplitude, frequência e comprimento de onda. • Relacionar a velocidade de propagação das ondas com a frequência e o comprimento de onda. • Diferenciar entre interferência construtiva e destrutiva. • Identificar o conceito de ondas estacionárias.
Objetivos específicos procedimentais	<ul style="list-style-type: none"> • Projetar e conduzir experimentos simples para gerar ondas mecânicas. • Medir e registrar propriedades como frequência e comprimento de onda.
Objetivos específicos atitudinais	<ul style="list-style-type: none"> • Estimular o interesse dos alunos em explorar e entender fenômenos relacionados a ondas mecânicas. • Encorajar a realização de perguntas e a busca por respostas por meio de experimentação e pesquisa. • Incentivar a observação cuidadosa de fenômenos

	<p>ondulatórios na natureza e em experimentos.</p> <ul style="list-style-type: none">• Estimular a participação ativa em atividades em grupo.• Desenvolver habilidades de comunicação e cooperação.
--	--

2 -ETAPAS DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Nossa sequência foi planejada para cinco encontros. Consideramos cada encontro como duas aulas de 50 minutos.

ENCONTRO 01 – Apresentação do projeto

Nesta etapa será feita a apresentação do projeto mostrando toda a proposta envolvida na atividade, será discutido como será executado o projeto, e todas as etapas presentes para a conclusão do mesmo. A forma como será apresentado o projeto é de extrema importância, pois através dela que os alunos serão atraídos a fazer parte do trabalho.

Em seguida, os alunos deverão assistir dois vídeos para despertar a curiosidade acerca dos fenômenos ondulatórios

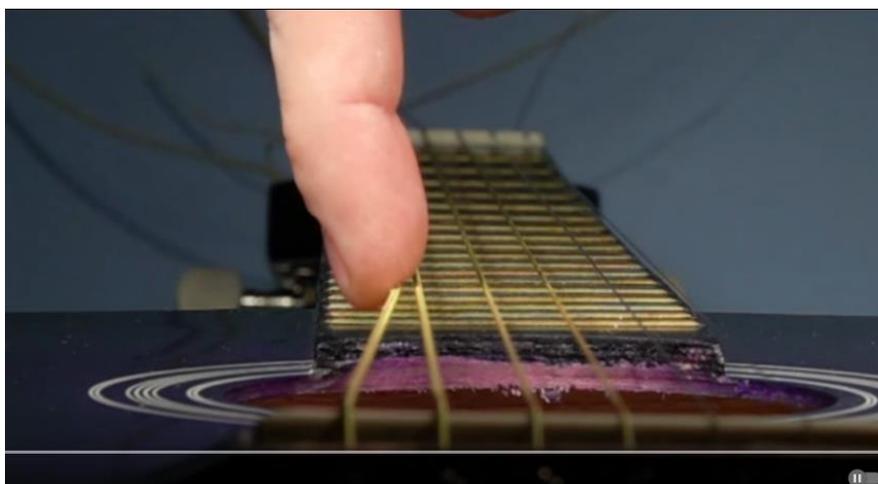
Vídeo I – Sapo produzindo ondulações

Um sapo coaxa e através do som são produzidas ondas na superfície da água. O vídeo está disponível no link: <https://youtu.be/myTVu59Nffs>.



Vídeo II – Ondas na corda do violão

O vídeo mostra o movimento das cordas de um violão em câmera lenta. Disponível em: https://youtu.be/PETuX_pXLNU



Ao final do encontro serão aplicados 3 questionários, onde o primeiro questionário possui perguntas que visam sondar o grau de dificuldades que os alunos tem com a disciplina de Física.

ENCONTRO 02 – Aula Expositiva

No segundo encontro sugerimos aula expositiva ministrada com objetivo de despertar a conhecimento prévio dos alunos, sendo ele indispensável ou não para o

procedimento da sequência didática, assim, a apresentação dos tópicos previstos na sequência didática, será satisfatória.

Conteúdos:

- Ondas mecânicas; Ondas sonoras.
- Relação entre frequência perceptível (sons agudos e graves) e período.
- Velocidade de propagação da onda sonora.
- Qualidades fisiológicas do som
- Ondas estacionárias.

ENCONTRO 03 – Atividades Experimentais

Serão demonstrados vários experimentos juntamente aos alunos com objetivo de demonstrar experimentalmente diversos fenômenos ondulatórios.

Experimento I:

MATERIAIS NECESSÁRIOS

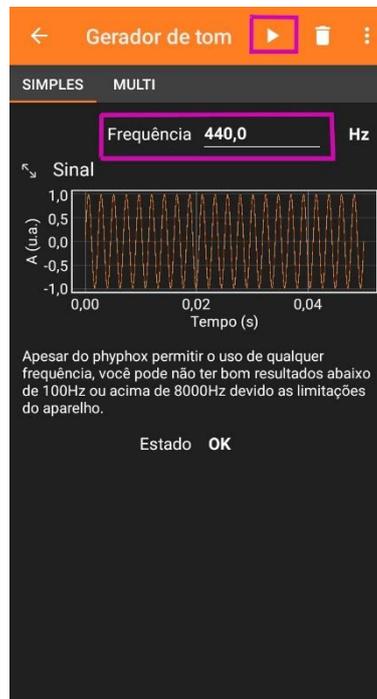
- Celular smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Balão
- Tubo de PVC

PROCEDIMENTO

- 1) Serrar um pedaço de cano PVC de 100mm
- 2) Cortar o balão para em seguida colocá-lo em uma das extremidades do tubo
- 3) Colocar a caixa de som dentro do tubo;
- 4) Conectar a caixa de som através do *bluetooth*.
- 5) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção “Gerador de tom”



6) Escolha uma frequência (por exemplo 440 Hz) e aperte o botão *play*



O autofalante emitirá dentro do tubo uma onda sonora com frequência bem definida que será refletida na membrana plástica, de modo que a onda resultante poderá apresentar um modo de vibração.

Experimento II

MATERIAIS NECESSÁRIOS

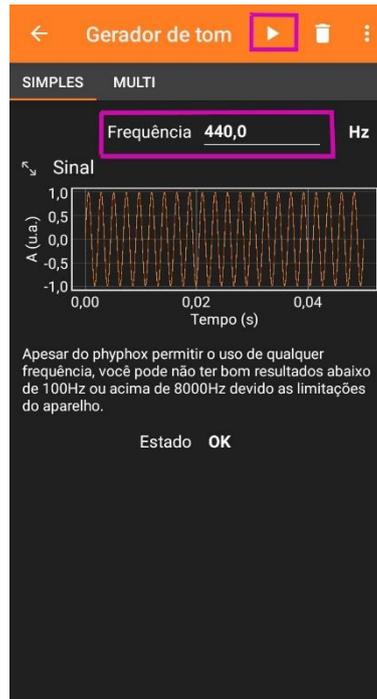
- Celular smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Prato plástico descartável fundo (15 cm diâmetro)
- Água

PROCEDIMENTO

- 1) Colocar o prato plástico sobre a caixa de som,
- 2) Preenche o copo cuidadosamente com água.
- 3) Conectar a caixa de som através do *bluetooth*.
- 4) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção “Gerador de tom”



- 5) Escolha uma frequência (por exemplo 440 Hz) e aperte o botão *play*



- 6) Enquanto a caixa estiver tocando será possível observar as ondulações na superfície da água.

Experimento III

MATERIAIS NECESSÁRIOS

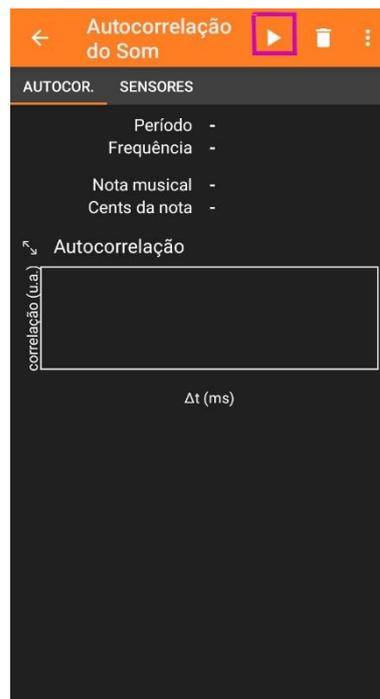
- Celular smartphone com o *app* Phyphox instalado
- Caixa de som *bluetooth*
- Tubos de caneta vazio
- Apitos

PROCEDIMENTO

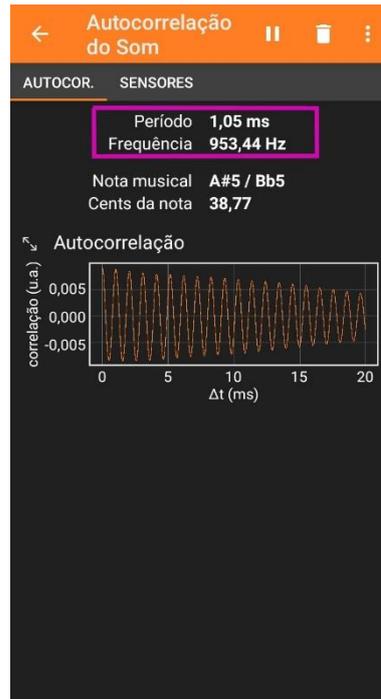
- 1) Abrir o aplicativo Phyphox no celular. Escolher a opção “Auto correlação do Som”



2) Apertar o botão *play* do aplicativo.



- 3) Segurar o tubo tampando uma extremidade com o dedo polegar
- 4) Assoprar levemente a extremidade livre para gerar uma onda sonora
- 5) Registrar o valor frequência emitida



ENCONTRO 04 - DISCUSSÃO

Este encontro será reservado a discussão dos resultados que foram observados nas atividades experimentais do encontro 03. O professor deve questionar os alunos e permitir que todos se expressem, contudo, sempre corrigindo os conceitos que estiverem insuficientes ou incorretos.

ENCONTRO 05 – AVALIAÇÃO DA SD (Sequência Didática)

Este encontro deve ser reservado para aplicar um questionário avaliativo da sequência didática. O professor deve explicar as questões e em seguida entregar o questionário.

APÊNDICE A
QUESTIONÁRIOS

QUESTIONÁRIO I

01- Você gosta de estudar física?

Sim () Não () Às vezes ()

02 – Durante as aulas de física você aprende?

Sim () Não () Às vezes ()

03 – Você tem dificuldades em aprender física?

Sim () Não () Às vezes ()

QUESTIONÁRIO II

1 – No vídeo que acabamos de assistir, que fenômeno causa a trepidação da água?

- (a) A respiração do sapo
- (b) O som emitido pelo sapo
- (c) O movimento do sapo
- (d) Não sei informar

2 - Que propriedades são características de uma onda?

- (a) Largura, altura, profundidade.
- (b) Frequência, comprimento de onda, amplitude.
- (c) Posição, aceleração, massa.
- (d) Não sei informar.

3 - Imagine que aconteça uma explosão no espaço. Podemos afirmar que um observador:

- (a) Ouvirá a explosão totalmente.
- (b) Ouvirá a explosão parcialmente.
- (c) Não ouvirá nada.
- (d) Não sei responder.

QUESTIONÁRIO III

1. Que tipo de onda se propaga na corda do violão?
 - (a) Longitudinal
 - (b) Bidimensional
 - (c) Transversal
 - (d) Não sei responder

2. Em relação ao experimento 1, quais os tipos de ondas observados na superfície da água?
 - (a) Longitudinais em uma dimensão.
 - (b) Transversais em uma dimensão.
 - (c) Transversais em duas dimensões.
 - (d) Longitudinais em duas dimensões.
 - (e) Não sei responder.

3. Qual(is) propriedades da onda na superfície da água pode(m) ser observado(s) nitidamente?
 - (a) Comprimento.
 - (b) Amplitude.
 - (c) Frequência.
 - (d) Não sei informar.

QUESTIONÁRIO IV

1 – Como você avalia a sequência didática apresentada:

- (a) Muito ruim
- (b) Ruim
- (c) Regular
- (d) Alto
- (e) Muito alto

2 – Que grau de importância você atribui aos temas estudados?

- (a) Muito baixo
- (b) Baixo
- (c) Médio
- (d) Alto
- (e) Muito alto

3 – Você acha que a disciplina física é:

- (a) Muito fácil
- (b) Fácil
- (c) Regular
- (d) Difícil
- (e) Muito difícil

4 – Em que grau a utilização de recursos (vídeos e experimentos) facilitou o seu aprendizado:

- (a) Muito Baixo
- (b) Baixo
- (c) Médio
- (d) Alto
- (e) Muito Alto

5 – Qual metodologia utilizada em sala de aula que você prefere:

- (a) Aula expositiva (Quadro e pincel)
- (b) Vídeos
- (c) Experimentos
- (d) Aula expositiva + vídeos
- (e) Aula expositiva + experimentos
- (f) Aula expositiva + experimentos + vídeos