

JOISILANY SANTOS DOS REIS
BIANCA MARTINS SANTOS

SEQUÊNCIA DIDÁTICA SOBRE ONDULATÓRIA PARA A INCLUSÃO DE DEFICIENTES VISUAIS E SURDOS

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física – MNPEF / Polo 59
Ciências Biológicas e da Natureza – CCBN
Universidade Federal do Acre – UFAC

Novembro de 2021



Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física

APRESENTAÇÃO

Caríssimo docente,

É com grande satisfação que trazemos ao público a **“Sequência didática sobre ondulatória para Inclusão de Deficientes Visuais e Surdos”**. A elaboração deste material tem como objetivo servir de apoio para a inclusão de alunos com Deficiência Visual (DV) ou Deficiência Auditiva (DA) nas aulas de Física, proporcionando estratégias de ensino, juntamente com recursos adaptados, que podem beneficiar a turma de modo geral, tendo em vista que os recursos propostos servirão para a turma como um todo.

A Sequência Didática (SD) propõe o uso de maquete tátil-visual; imagens em alto relevo e com audiodescrição; e a utilização de um vídeo com audiodescrição e libras. Vale ressaltar que cada recurso utilizado durante a sequência é elucidado nesse material, de forma a colaborar e incentivar o docente em Física a fazer uso desta SD de forma facilitada. Destacamos ainda que este material pode ser utilizado como orientador para abordagem do tema com deficientes visuais e auditivos, porém, quando se trabalha com alunos com algum tipo de deficiência, não podemos classificar um material útil para todos os casos, pois cada deficiente possui suas especificidades e, portanto os materiais podem precisar de mais adaptações.

Esta publicação é um produto educacional fruto do Programa de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), o qual contou com a parceria do Grupo de Pesquisa e Extensão em Ensino de Ciências (GPEEC) da Universidade Federal do Acre (UFAC). Espera-se que este produto educacional possa servir como ferramenta para cooperar com o trabalho do professor, na abordagem de fenômenos ondulatórios, com prática docente inclusiva na Física. Faça bom proveito dele!

Joisilany Santos dos Reis¹ e Bianca Martins Santos²

¹Email: joisilany.santos@gmail.com

²Email: bianca.santos@ufac.br

SUMÁRIO

1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA	3
1.1 PRIMEIRO ENCONTRO – 1ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA	6
1.1.1 Duração.....	6
1.1.2 Objetivo da aula	6
1.1.3 Primeiro momento – Despertando a curiosidade para a aula.....	6
1.1.4 Segundo momento – Conceito de ondas e sua natureza	11
1.2 SEGUNDO ENCONTRO – 2ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	18
1.2.1 Duração.....	18
1.2.2 Objetivo da aula	18
1.2.3 Primeiro momento – Conceituar as grandezas relacionadas às ondas ...	18
1.2.4 Segundo momento – Resolução de Situações Problema.....	21
1.2.5 Terceiro momento – Reflexão e Refração.....	23
1.3 Terceiro encontro – 3ª Etapa da Sequência didática	29
1.3.1 Duração.....	29
1.3.2 Objetivo da aula:	29
1.3.3 Primeiro momento – Difração; Interferência e Polarização.....	29
1.3.4 Segundo momento – Quiz de perguntas de múltipla escolha	37
1.3.5 Terceiro momento – Roda de Conversa	38
2 CONFECÇÃO DA MAQUETE DE OSCILAÇÕES.....	40
3 CONFECÇÃO DAS IMAGENS AMPLIADAS EM ALTO RELEVO.....	41
4 REFERÊNCIAS	45
5 APÊNDICE – SLIDES	45

1 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Frente à diversidade encontrada em sala de aula, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias que proporcionem o processo de inclusão de alunos que tenham alguma necessidade especial, assim foi elaborada uma Sequência Didática (SD) como Produto Educacional, com o intuito de auxiliar os docentes para o processo de inclusão de estudantes com deficiência visual ou auditiva nas aulas sobre ondulatória. Dessa forma, a SD (Quadro 1) tem como objetivo apresentar o desenvolvimento de propostas didáticas, recursos pedagógicos e práticas relacionadas ao ensino de conceitos Físicos básicos sobre a temática ondulatória, para alunos com Deficiência Visual (DV) ou Deficiência Auditiva (DA).

A Sequência Didática encontra-se dividida em três aulas de 100 minutos cada. No quadro 4 é descrita cada etapa da Sequência Didática, esclarecendo os temas e os principais recursos utilizados durante os encontros.

Quadro 1: Etapas da Sequência Didática

Etapa	Objetivo	Descrição das Atividades	Tempo
1ª	Conceituar ondas; Classificar e diferenciar as ondas quanto: à natureza: mecânicas e eletromagnéticas; à forma: longitudinais e transversais e à direção de propagação de energia: unidimensional, bidimensional e tridimensional.	(1) Discussão com base em perguntas motivadoras; (2) Apresentação do conteúdo com uso dos slides e da Maquete de Oscilações: (a) exemplos de situações do cotidiano sobre ondas mecânicas e eletromagnéticas, com imagens audiodescritas; (b) reprodução da propagação transversal e longitudinal por meio do vídeo, imagens audiodescritas, do brinquedo mola maluca e corda; (c) exemplos de ondas em: 1D, 2D, e 3D, com uso (opcional) de caixa de som e lâmpada incandescente.	100 min.
2ª	Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v);	(1) Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v). (2) Descrever a Função de onda;	100 min

	Descrever a função de onda; Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração.	(3) Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração.	
3ª	Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Difração; Interferência e Polarização.	(1) Utilização das imagens em alto-relevo e audiodescritas (slides) sobre os fenômenos ondulatórios; (2) Aplicação do Quiz (slides); (3) Roda de conversa.	100 mim

Fonte: Elaborado pelas autoras.

Este quadro está dividido em três etapas, em que cada uma equivale a duas aulas, durante as quais foram construídos meios de adaptações de recursos didáticos para alunos com DA ou DV, com a finalidade de que tais materiais possam contribuir no ensino e no aprendizado nas aulas de Física, favorecendo a prática docente e possibilitando a inclusão em sala de aula, instigando ainda, a participação de todos os discentes nas aulas de Física.

Vale ressaltar que os recursos desenvolvidos servirão tanto para o estudante com deficiência, como também para o aluno sem deficiência, auxiliando a turma como um todo e permitindo que todos compartilhem do ensino, independentemente de suas necessidades especiais.

O primeiro encontro terá como finalidade transmitir as ideias iniciais sobre o conteúdo de ondas, utilizando: os slides da aula, disponíveis no portal da EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>); a Maquete de Oscilações; e o exemplo de situações presentes no cotidiano dos alunos de forma contextualizada através de imagens audiodescritas. Além disso, utiliza-se também o vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e Libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>); o brinquedo mola maluca; uma corda; e de forma opcional uma caixa de som e uma lâmpada incandescente. Serão abordados: o conceito de ondas; a classificação da onda quanto à forma, à sua natureza, e à direção de propagação de energia.

Com o auxílio de imagens em alto relevo e audiodescritas (apresentadas nos slides), no segundo encontro, as grandezas relacionadas a uma onda: comprimento de onda (λ), amplitude (A), frequência (f), período (T), velocidade (v); e equações

fundamentais das ondas serão trabalhadas, juntamente com os fenômenos de reflexão e refração. Os fenômenos ondulatórios: difração, interferência e polarização foram abordadas no encontro com o uso das imagens em alto relevo e audiodescritas (slides). Nesse encontro será proposto um Quiz com os alunos. E ao final, uma roda de conversa. A proposta inclui promover a socialização entre os alunos com e sem deficiência, usando a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky.

Utiliza-se ainda um brinquedo chamado Mola Maluca, para o docente enfatizar a classificação longitudinal e transversal. Para isso, dentro desta aula, após a utilização da Maquete 1, serão propostas três atividades: (1) Reproduzir a propagação transversal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (2) Reproduzir a propagação longitudinal em uma mola maluca esticada sobre uma superfície; (3) Responder em forma de trabalho em grupo uma pergunta sobre um tema da aula. Essa última parte envolverá cálculos de pequenas situações problemas, como por exemplo, calcular a velocidade da onda; instigando a competição de forma saudável entre os estudantes, contemplando o primeiro e metade do segundo encontro.

Ainda no primeiro encontro serão utilizados exemplos para classificação da onda bidimensional, ondas formadas na superfície da água podem ser citadas. Durante esse encontro foram apresentadas as ondas em uma dimensão utilizando como exemplo uma corda para demonstrar uma onda transversal se movimentando, ou uma mola maluca para demonstrar uma onda transversal se propagando. Para a onda tridimensional podem ser utilizadas uma caixa de som e uma lâmpada. Tais recursos serão utilizados como exemplos, no qual os alunos poderão tatear e visualizar, de forma que não somente os deficientes da turma possam manuseá-los, mas todos os alunos, para promover uma percepção mais real do assunto abordado em sala.

No segundo e terceiro encontro, serão utilizadas as imagens dos fenômenos estudados em alto relevo e audiodescritas, para ser tateado pela aluna DV, de forma a fornecer uma melhor percepção sobre cada fenômeno. As imagens estarão em tamanho ampliado num papel cartão, de forma a ter espaço para a representação dos detalhes presentes na imagem. As orientações de quais imagens serão utilizadas e como construir as adaptações em alto relevo estão apresentadas no Produto Educacional.

Para finalizar a aplicação da SD, será feita uma Roda de Conversa com todos os alunos, seguindo um roteiro pré-estabelecido com o intuito de cada aluno relatar a

experiência ao participar de uma SD com recursos adaptados para alunos com DV ou DA, em aulas de Física.

Por fim, ressalta-se que toda a Sequência Didática é detalhada a seguir, bem com cada estratégia e recurso utilizado. Acrescenta-se ainda que serão ensinados ao longo deste produto educacional: como elaborar as maquetes e as imagens em alto relevo; e como trabalhar os conceitos de ondulatória envolvidos na SD.

1.1 PRIMEIRO ENCONTRO – 1ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.1.1 Duração

100 minutos

1.1.2 Objetivo da aula

- Conceituar ondas;
- Classificar e diferenciar as ondas quanto: à natureza (mecânicas e eletromagnéticas); à forma (longitudinais e transversais); e à direção de propagação de energia (unidimensional, bidimensional e tridimensional).

1.1.3 Primeiro momento – Despertando a curiosidade para a aula

Para o ensino presencial, os alunos serão organizados em círculo, onde a mesa do professor deverá estar no centro. Será feito uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos, a partir de indagações que os levem a pensar sobre o que é onda:

- Qual o fenômeno físico relacionado ao processo de falar e de escutar?

Nessa pergunta espera-se que os alunos elaborem hipóteses de como o som chega até os ouvidos e como ele é produzido, tendo em vista que o som é uma onda sonora que se propaga no ar. Os estudantes com deficiência auditiva e deficiência visual serão incluídos de forma ativa no decorrer das aulas, sempre usando dos recursos elaborados pelo docente para que ambos não se sintam prejudicados ou excluídos nas aulas.

Vale ressaltar que alunos com DA e DV têm o direito ao suporte de professores

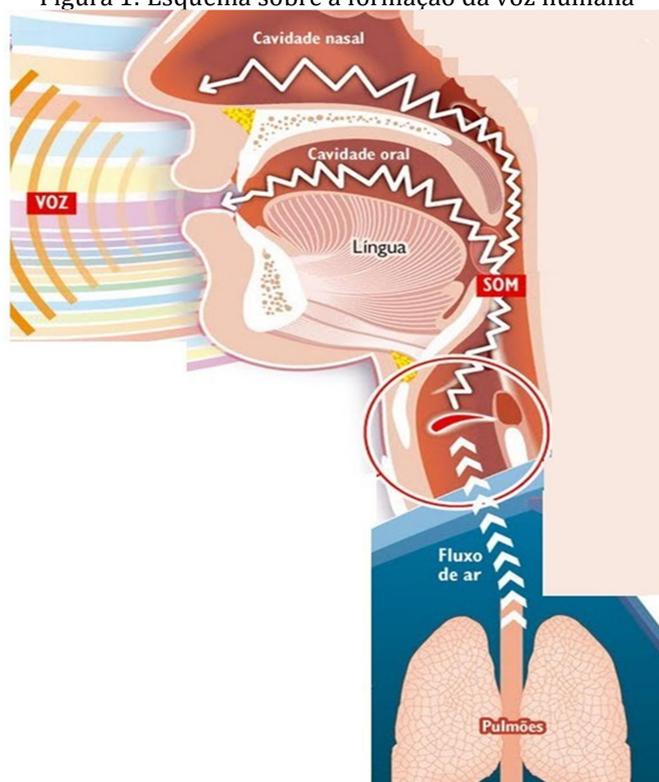
mediadores em sala de aula¹. Todavia, no caso de um docente que não tenha a presença de mediadores em sala de aula, este pode aplicar a SD com total segurança, tendo em vista que estes recursos foram elaborados justamente pensando neste tipo de possibilidade, pois infelizmente o sistema de inclusão educacional no país ainda carece de melhorias. Entretanto, é fundamental a presença do intérprete de libras durante as aulas para que o aluno deficiente auditivo acompanhe as explicações e transmissões dos conteúdos.

Para esclarecer de forma geral como os processos de falar e de ouvir ocorrem no corpo humano, o professor pode comentar sobre tais aspectos, conforme descrito a seguir.

A produção da voz no ser humano (ROCHA, 2017) ocorre no momento da expiração na laringe, onde estão posicionadas as cordas vocais e quando se expira a laringe se aproxima de maneira que o ar que está voltando perpassa pelas cordas vocais fazendo com que elas vibrem, ou seja, formam ondas. A frequência da voz é definida pelo comprimento das pregas vocais, é por isso que as mulheres têm a voz mais aguda que a dos homens, pois suas pregas são mais curtas, assim como as das crianças que são menores que as dos adultos. Os sons são originados através das cordas vocais e amplificados nas cavidades de ressonância que possuímos os chamados ressonadores (“alto-falantes” naturais), formado por cavidades na boca, laringe e nariz de acordo com a Figura 1.

¹No caso específico da turma que foi aplicado a SD, a aluna cega tem sua mediadora e o aluno surdo tem a professora intérprete de Libras, sendo que ambas os auxiliam em suas atividades acadêmicas em sala de aula.

Figura 1: Esquema sobre a formação da voz humana



Fonte: Adaptado de <<http://francielelorryfonseca.blogspot.com/p/saude-vocal.html>>

Descrição da Figura 1:

Esquema da seção transversal interna (de perfil lateral) do nariz, boca e pescoço. No topo, a cavidade nasal, abaixo a cavidade oral, abaixo a língua. Na esquerda, de cima para baixo: o nariz, a boca aberta por onde sai a voz e abaixo o queixo. A voz é representada por linhas vermelhas circulares igualmente espaçadas, crescentes para esquerda, a partir da boca. Na direita a cavidade nasal encontra a cavidade oral e desce para as pregas vocais (destacadas por um círculo vermelho), por onde o ar sobe ao falarmos.

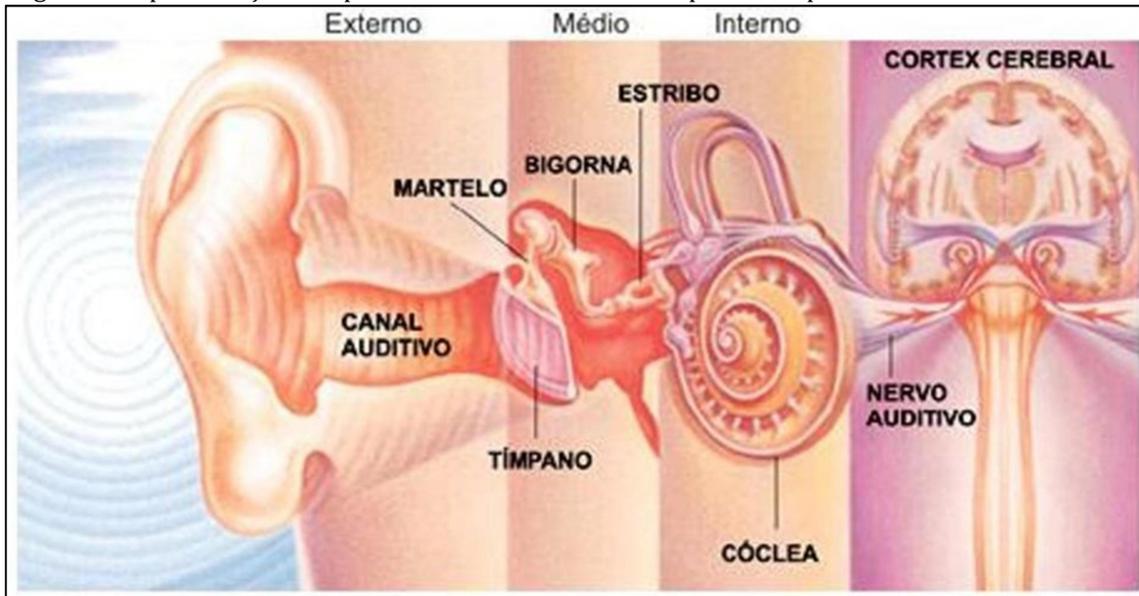
Abaixo, na direita, os pulmões. Setas brancas indicam o fluxo de ar saindo dos pulmões para a cavidade que sobe pela boca e o nariz. Acima das cordas vocais, escrito som.

Como uma experiência rápida o docente pode propor para os alunos colocarem as mãos no pescoço e falarem alguma coisa para perceberem as vibrações das cordas vocais. Quanto ao aluno surdo ou mudo, a proposta da experiência pode ser de que o mesmo posicione as suas mãos no pescoço de um colega de modo que quando este venha a pronunciar alguma palavra seja perceptível ao deficiente que as cordas vocais vibram para produção do som que sai ao falarmos.

O processo de ouvir (Figura 2) do ponto de vista físico ocorre quando as ondas sonoras percorrem através do ar, adentram na orelha externa e atingem a orelha média

ocasionando a vibração do tímpano e então por meio do ouvido médio chegam até ao ouvido interno e finalmente os centros auditivos do cérebro (MOREIRA; VEIT, 2007). Os ouvidos estão sempre ativos, transportando continuamente sons ao longo dessa via auditiva.

Figura 2: Representação do aparelho auditivo humano e os passos do percurso do som até o ouvido



Fonte: https://docplayer.com.br/docs-images/40/14851549/images/page_12.jpg.

Descrição da Figura 2:

Na esquerda, ondulações circulares em azul claro. Em seguida o esquema da seção transversal interna do ouvido (de perfil frontal) com divisões por faixas das camadas mais profundas do aparelho auditivo humano.

Da esquerda para direita: o ouvido externo, com a orelha e o canal auditivo; o ouvido médio, com o tímpano, martelo, bigorna e estribo; o ouvido interno, com a cóclea; e a parte mais interna com o nervo auditivo e o córtex cerebral.

Na sequência com a finalidade de promover a discussão e a interação entre todos os alunos sobre o tema, algumas perguntas norteadoras deverão ser feitas, tais como:

- O que você sabe sobre o Wi-Fi? O que seria o Wi-Fi?
- E sobre o sinal dos celulares, rádios, TVs, controles remotos? O que seria?

Com estes questionamentos, o professor pode instigar os estudantes até que estes cheguem ao termo onda se propagando no ar, por exemplo, que estes compreendam que este é gerado no roteador de Wi-Fi chegando até o aparelho celular ou notebook. De preferência que o termo onda eletromagnética também seja mencionado. O aprofundamento do conceito físico envolvido nos termos utilizados na pergunta pode

ser apresentado após as discussões, conforme descrito a seguir.

A rede Wi-Fi (Figura 3) é uma rede sem fio, onde se pode ter acesso à internet, através do sinal de ondas de rádio que é transmitido por meio de computadores, notebooks, smartphones, TVs, tablets, videogames, receptores de satélite etc., não sendo necessária a utilização de fios conectores. As ondas de rádio são ondas eletromagnéticas utilizadas pelas emissoras de rádio, cuja propagação dessas ondas ocorre por meio de um roteador, no qual recebem os sinais de uma fonte externa que pode ser a rede cabeada, ADSL, via rádio ou 4G, assim os sinais emitidos pelo roteador são capturados por aparelhos com receptores.

Figura 3: Representação do sinal de Wi-Fi em uma residência



Fonte: <https://www.minhaoperadora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Algar-Wifi.jpg>.

Descrição da Figura 3:

Visão esquemática da configuração de uma casa de dois andares. No canto inferior esquerdo a cozinha; ao lado direito após a divisão da parede, sala de jantar conjugada com sala de TV; e ao fundo centralizado, as escadas para o segundo piso. No canto superior esquerdo, um quarto; ao lado, após a divisão da parede, um corredor central com passagem para escadas que dão no primeiro piso; e ao lado direito, após a divisão da parede, um quarto. O aparelho de Wi-Fi localizado no segundo piso no corredor central. E faixas circulares na cor verde claro, a partir do aparelho de Wi-Fi, concêntricas e de forma crescente.

Nos locais onde as ondas de rádio são utilizadas para a oferta de acesso à internet sem fio, existe um circuito elétrico responsável por ocasionar os deslocamentos dos elétrons na antena emissora. Os elétrons são acelerados emitindo dessa forma as ondas de rádio as quais transportam os dados de informações até a antena receptora. As redes Wi-Fi fornecem internet de forma semelhante, deste modo tem-se um adaptador sem fio para os computadores alcançarem as informações e decodificarem em forma de sinais de rádios, enviados com o auxílio de uma antena. O roteador sem fio realiza a divisão dos sinais da rede optando pelo melhor caminho para enviar as informações. É o que recebe o sinal e o traduz, realizando o envio das informações para a

internet através de uma conexão (com fios) responsável pela interconexão de redes locais (SILVA e SOARES, 2009).

Na sequência após estas explicações, o docente fará o seguinte questionamento em relação às perguntas feitas anteriormente:

- O que essas perguntas em suas respostas têm em comum?

Em ambas as respostas fez-se o uso da palavra onda, o docente neste momento lançará a pergunta principal para dar início de fato à abordagem ao conteúdo sobre ondas.

- O que são ondas?

Essa pergunta é a chave para se abordar o conteúdo propriamente dito da aula. É importante que o docente esteja atento às respostas dadas pelo os alunos para se ter percepções sobre o que cada estudante tem de conhecimento prévio do assunto que será tratado na aula. Juntamente com a turma por meio das respostas dadas, o professor pode construir o conceito de ondas.

- Será que existem vários tipos de ondas?

Nesse momento espera-se construir este conceito através dos exemplos citados nas perguntas anteriores que está diretamente presente no cotidiano dos alunos, podendo voltar aos exemplos mencionados anteriormente e deste modo instigar os estudantes a identificarem pontos em comum nas falas, para atribuir a existência de diferentes tipos de ondas. Assim como o professor pode incentivar os alunos a darem novos exemplos de ondas.

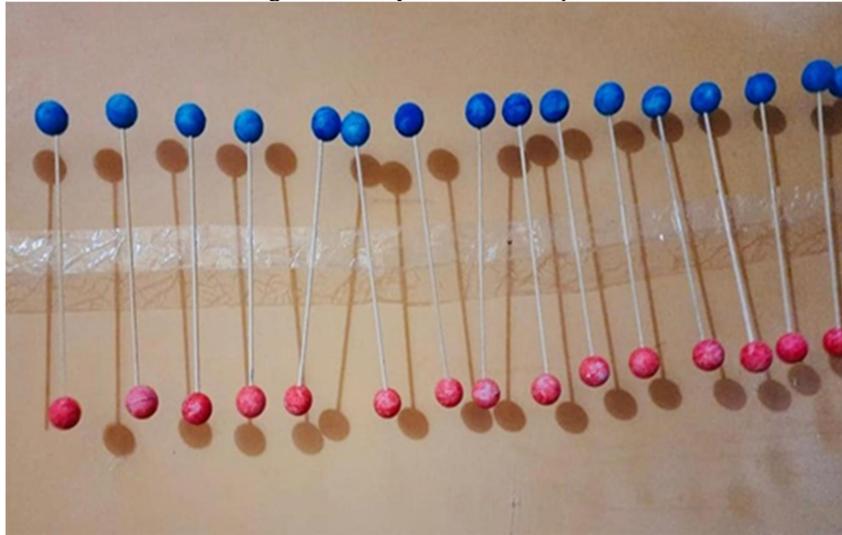
Para o ensino remoto, aconselha-se seguir a sequência dos slides (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>), alternando entre as perguntas motivadoras, juntamente com a apresentação do conteúdo.

1.1.4 Segundo momento – Conceito de ondas e sua natureza

No segundo momento o conceito de ondas será apresentado. Segundo Fuke, Tadashi e Yamamoto (2007, p. 343), **onda** é toda perturbação que se propaga em um meio. Na propagação apenas é transportada energia, não haverá transporte de matéria. Nesse momento, a fim de incluir os alunos deficientes, visuais e auditivos, e não somente os alunos sem necessidades especiais, elaborou-se a Maquete 1 (Figura 4) para ilustração do fenômeno ondulatório, o qual é um recurso didático para toda turma

visualizar e tocar.

Figura 4: Maquete de oscilações



Fonte: Acervo das autoras, julho 2021.

Descrição da Figura 4:

Da esquerda para direita, uma sequência de 15 palitos de churrasco dispostos verticalmente e ligados horizontalmente por uma fita durex, um ao lado do outro e com espaçamento aproximadamente igual.

Em cada palito de churrasco, uma bolinha de isopor azul na extremidade superior e uma bola de isopor vermelha na extremidade inferior.

Recomenda-se que a maquete esteja posicionada no centro da sala para visualização e acesso por todos os alunos. Inicialmente será conceituada fisicamente a onda, onde os alunos poderão manusear a maquete. Esta tem como objetivo demonstrar o movimento oscilatório e a propriedade de transportar energia, mas não transportar matéria, pois neste caso as bolinhas se movem apenas para cima e para baixo, presas no palito. Vale ressaltar que as bolinhas não pulam de um palito para o outro, pois se isso ocorresse haveria o transporte de matéria.

Para o ensino remoto, opta-se por não utilizar a maquete de oscilações, embora esta possa ser usada por meio de um GIF do movimento oscilatório que a maquete permite. Já para o ensino presencial, recomenda-se que duas pessoas, uma em cada extremidade, segure a maquete e realize movimentos em um dos lados. Ao fazer isso o movimento oscilatório será observado. Em seguida, são apresentadas as formas de classificação das ondas, conforme sua natureza: mecânicas e eletromagnéticas.

Ondas mecânicas: transferem apenas energia mecânica que resultam de

deformações provocadas em meios materiais elásticos (RAMALHO et. al., 2015). Para se propagarem carecem de um meio material, logo, pode-se afirmar que este tipo de onda não se propaga no vácuo. Quando o professor estiver explicando poderá mencionar os exemplos que anteriormente apresentou em sala de aula. Além disso, tem-se a opção do alto falante de uma caixa de som para que os alunos deficientes aproximem a mão do objeto, de modo que poderão sentir a vibração das ondas do som se propagando. Neste momento é importante citar exemplos de ondas mecânicas, como: ondas em cordas, ondas na superfície de um líquido, ondas sonoras, etc.

Ondas eletromagnéticas: resultam de cargas elétricas oscilantes, como elétrons oscilando na antena transmissora de uma estação de rádio ou na TV (RAMALHO et. al., 2015). Essas ondas não necessariamente precisam de um meio material para se propagar, pois podem se disseminar igualmente no vácuo.

Sublinhe-se que quando o professor estiver explicando poderá usar de forma opcional uma lâmpada, de preferência incandescente, sobre a mesa para os alunos deficientes colocarem as mãos nas proximidades do objeto e sentirem o aquecimento produzido, e ao afastarem as mãos dessa posição, perceberem um aquecimento menor. Com isso, o docente pode explicar que a luz é uma onda eletromagnética que se propaga a partir de uma fonte, nesse caso pontual a lâmpada, irradiando em todas as direções no espaço. Deve-se mencionar ainda que embora a sala esteja preenchida por ar e neste caso, a luz ter se difundido no meio material do ar, ela também pode se propagar no vácuo.

Deve-se considerar ainda que poderão ser citados como exemplos de ondas eletromagnéticas: a radiação emitida pelo sol, à luz emitida por uma lanterna, as ondas de rádios, as micro-ondas, os raios X, os raios γ (raios gamas). Nessa parte da aula poderão ser usados os exemplos das imagens já demonstradas para exemplificar qual tipo de onda pertence cada imagem, promovendo a diferenciação entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnéticas.

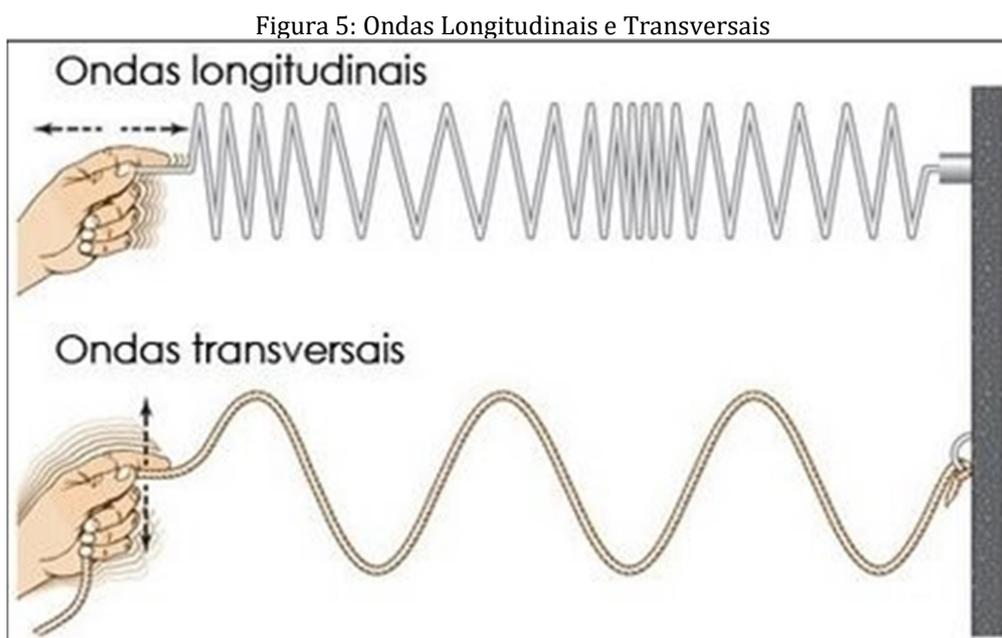
Além disso, pode-se comentar o fato de que em filmes que ocorrem cenas no espaço (onde existe o vácuo) surgem cenas onde a luz (onda eletromagnética) e o som (onda mecânica) se espalham. Neste momento poderá ser proposta uma discussão no sentido de fomentar a participação dos alunos, solicitando que estes comentem sobre algum filme que tenham assistido dentro dessa temática, possibilitando que os alunos

diferenciem o fenômeno fisicamente possível daquele que somente é ficção científica, neste caso a propagação da luz realmente ocorre, enquanto que a do som não.

Ao promover essa discussão, o docente aproximará o tema abordado com o cotidiano dos alunos que apreciam filmes ou séries sobre este tema, lhes fazendo compreender que a Física encontra-se presente em diversas situações. Cumpre evidenciar a relevância de se propiciar um ambiente participativo, pois conforme comprovado pela literatura, em um contexto onde o conteúdo transmitido pelo docente relaciona-se com a vivência do aluno, este assimilará os conhecimentos transmitidos de forma mais significativa, pois poderá correlacionar os novos conceitos estudados em sala de aula a sua realidade. Deste modo, é fundamental que o docente, sempre que possível, incentive a interação e participação do aluno.

Dando sequência a aula, as formas de perturbação no meio que caracterizam as duas formas de classificações para ondas: a longitudinal e a transversal, devem ser inicialmente apresentadas pelo vídeo “Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e libras” (<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>). Em seguida apresenta-se o conceito conforme exposto abaixo.

As **ondas transversais** são aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. E, denominam-se como **ondas longitudinais** aquelas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. (RAMALHO, FERRARO e TOLEDO, 2015), conforme a figura 5 exemplifica.



Fonte: <http://www.explicatorium.com/images/cfq-8/ondas-longitudinais-transversais.jpg>

Descrição da Figura 5:

Imagem composta por dois instantes de oscilações, para duas situações físicas de perturbação no meio de origens diferentes. No topo escrito ondas longitudinais. Abaixo, mola esticada na horizontal. Na extremidade esquerda uma mão segura à mola, acima a indicação de uma seta apontando para esquerda e direita. No lado direito da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para lateral. Na extremidade direita da mola, um suporte cinza por onde ela está presa. A mola é representada por desenho de zig zag com espaçamentos distintos, próximo à mão (na extremidade esquerda) e um pouco depois do centro, o zig zag mais encolhido. E no restante da mola, o zig zag mais espaçado.

Abaixo escrito ondas transversais. Abaixo, corda disposta na horizontal com uma ondulação para cima e uma para baixo, e mais duas sequência desta repetida, da esquerda para direita. Na extremidade esquerda uma mão segura à mola, acima a indicação de uma seta apontando para cima e para baixo. Em cima e em baixo da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para cima e para baixo. Na extremidade direita da corda, um suporte cinza por onde ela está presa.

Neste momento a maquete de oscilações pode ser utilizada para demonstrar a classificação da onda quanto à direção de vibração, neste caso, a onda transversal, onde as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda.

O docente também poderá utilizar uma Mola Maluca, brinquedo com propriedades de se esticar e comprimir (Figura 6), para exemplificar essas duas classificações das ondas quanto à relação entre a vibração e a direção da propagação (longitudinal e transversal). Para isso, dois estudantes podem fazer uma rápida experiência de demonstração por meio de duas propostas simples conforme as demonstradas no vídeo supracitado.

Figura 6: Mola Maluca



Fonte: Acervo das autoras, julho de 2021.

Descrição da Figura 6:

Imagem da vista superior de uma mola maluca de cor azul, esticada na horizontal, sobre uma superfície verde escura. A extremidade esquerda solta e a extremidade direita presa numa superfície vertical preta.

A primeira proposta de atividade com a Mola Maluca requer a participação no mínimo dois estudantes, os quais devem segurar as extremidades da mola esticadas sobre uma superfície plana, e um deles deve provocar uma perturbação em uma das extremidades da mola esticada, conforme exemplificado na primeira parte do vídeo. Por meio da atividade será possível verificar a propagação e a vibração ocorrendo na mesma direção. No concernente a um estudante com Deficiência Visual ou Deficiência Auditiva, este poderá tocar levemente na mola em movimento para sentir a vibração e a propagação da onda.

Para a segunda proposta, o docente poderá convidar outra dupla de alunos, os quais devem proceder da mesma forma que na primeira atividade, todavia desta vez um dos estudantes deve provocar uma perturbação na direção perpendicular à mola esticada, conforme exemplificado na segunda parte do vídeo. Neste caso a vibração ocorre em direção perpendicular à propagação da onda. Esta segunda demonstração também pode ser executada substituindo a mola por uma corda.

O final da aula deve ser reservado para se trabalhar as classificações da onda considerando a direção de propagação de energia conforme exposto a seguir:

- **Unidimensionais:** que se propagam em apenas uma direção, como as ondas em cordas e molas esticadas;
- **Bidimensionais:** são aquelas que se propagam por uma superfície, como as águas em um lago quando se joga uma pedra;
- **Tridimensionais:** são capazes de se propagar em todas as dimensões, como por exemplo, a luz e o som.

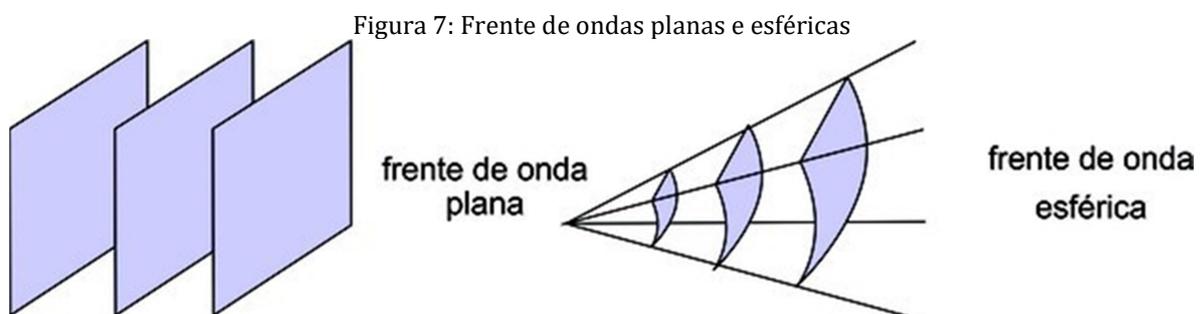
Vale pontuar que para cada classificação quanto à direção de propagação, o professor poderá exemplificar aspectos por meio dos recursos didáticos mencionados a seguir. Para a onda unidimensional pode ser usado a Mola Maluca e a corda; onde um estudante com deficiência visual ou auditiva poderá tocar levemente o objetivo sentindo a vibração do pulso se propagando unidimensional. Quanto aos demais alunos estes poderão visualizar e tocar o pulso se propagando em uma só direção e também, visualizar a energia se propagando no brinquedo. Convém destacar que a energia se propaga, mas a matéria não; cada parte da mola vibra, mas permanece após o movimento no mesmo lugar. Assim, como as bolinhas de isopor da maquete de oscilações se movimentam para cima e para baixo, mas permanecem presas no palito no

mesmo lugar.

Para a explicação da onda bidimensional será citado o exemplo de propagação de onda, observado quando em um lago joga-se uma pedra e ao redor do ponto onde a pedra bate formam-se as ondas e estas se propagam em círculos menores inicialmente e vão aumentando conforme se afasta do ponto onde esta caiu. O docente ainda pode levar uma bacia e encher de água e jogar alguma pedra ou até mesmo fazer um leve toque sobre a água para os alunos perceberem a movimentação na superfície do líquido.

Para a onda tridimensional, a proposta é levar uma caixa de som portátil e uma lâmpada incandescente para a sala de aula, sendo que os alunos poderão ouvir e sentir a vibração do som com as mãos nas proximidades da caixa de som e ao posicioná-las um pouco mais afastadas da caixa, sentir uma vibração menor; bem como “sentir o calor” ao colocar as mãos nas proximidades da lâmpada e ao posicioná-las mais afastadas da lâmpada “senti-lo” com menor intensidade.

Para finalizar, o docente pode ilustrar a propagação dessas ondas conforme mostra a figura 7, onde estão exemplificadas as frentes de ondas que se movem nas três direções, para ondas planas e esféricas.



Fonte: http://s2.glbimg.com/e5iI7zVLNvW9nmwZpPjPjXnskbFQ=/0x0:1862x441/620x147/s.glbimg.com/po/ek/f/original/2013/11/01/fig_2_redesenhada.jpg

Descrição da Figura 7:

Duas situações de frente de ondas representadas. Na esquerda: três retângulos azuis na vertical, dispostos na diagonal e igualmente espaçados, ao lado escrito “frente de onda plana”. Na direita: partem de um ponto, quatro retas que se abrem no formato de uma pirâmide deitada e três retângulos azuis curvados, com suas pontas tocando as quatro retas, dispostas de forma igualmente espaçadas e a concavidade voltada para origem das retas. Ao lado escrito “frente de onda esférica”.

Neste ponto, se finda a primeira etapa da Sequência Didática, sendo esta retomada em um segundo encontro, o qual será descrito a seguir.

1.2 SEGUNDO ENCONTRO – 2ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.2.1 Duração

100 minutos

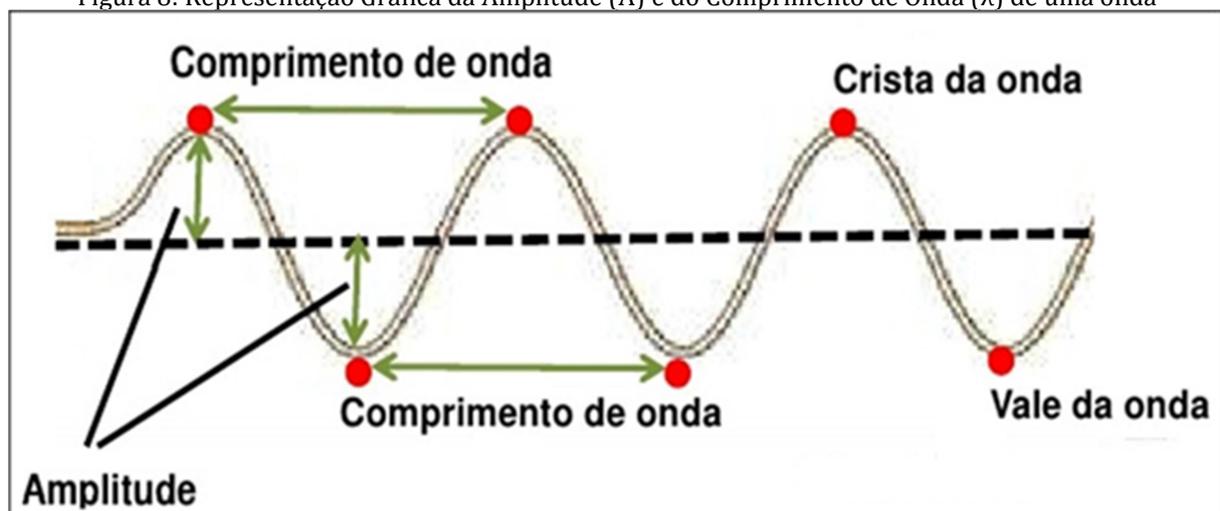
1.2.2 Objetivo da aula

- Apresentar as grandezas: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T), Velocidade (v);
- Descrever a Função de onda;
- Apresentar os conceitos básicos sobre os fenômenos ondulatórios: Reflexão e Refração.
-

1.2.3 Primeiro momento – Conceituar as grandezas relacionadas às ondas

Inicialmente, a imagem em alto-relevo e com audiodescrição (Figura 8) será usada para discorrer acerca das partes que compõem a onda sendo elas a crista da onda e o vale da onda; sendo posteriormente as grandezas identificadas nas ondas tais como: **Comprimento de onda (λ)**, **Amplitude (A)**, **Frequência (f)**, **Período (T)**, **Velocidade (v)**; as quais têm relação com a **equação fundamental das ondas**, sendo que a seguir serão descritas tais grandezas, as quais devem ser transmitidas aos alunos utilizando as imagens (HALLIDAY, 2008).

Figura 8: Representação Gráfica da Amplitude (A) e do Comprimento de Onda (λ) de uma onda



Fonte: Adaptada de <https://image.slidesharecdn.com/ondassite-110827100007-phpapp01/95/ondas-site-5-728.jpg?cb=1314439900>.

Descrição da Figura 8:

Imagem de um instante da oscilação de uma onda, numa corda cinza. Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal: um pico de oscilação para cima e um para baixo, ao lado duas repetições. Uma reta horizontal tracejada preta cruza a linha central da oscilação. Nos três pontos mais altos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito acima “Crista da onda”. Nos três pontos mais baixos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito abaixo “Vale da onda”.

Uma seta verde na vertical da linha central até a primeira crista e outra seta verde na vertical da linha central até o primeiro vale, com a indicação escrita “Amplitude”. Uma seta verde na horizontal da primeira até a segunda crista, acima escrito “Comprimento de onda”. Outra seta verde na horizontal do primeiro até o segundo vale, abaixo escrito “Comprimento de onda”.

Neste momento serão inseridos os conceitos abaixo descritos:

A **Amplitude (A)** é o deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio e uma crista de uma onda, ou ainda, a distância de um vale, conforme exposto pela figura 8. Quanto maior a amplitude de uma onda, mais energia ela transportará, ou seja, amplitude está diretamente relacionada ao transporte de energia.

O **Comprimento de onda (λ)** é representado pela letra grega λ (lambda), sendo esta a distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda, que se encontram na mesma posição. Na Figura 8, tem-se o caso da onda transversal. Para onda longitudinal, o comprimento de onda λ para o caso mostrado na Figura 5 (parte de cima), por exemplo, é nessa situação a distância entre os centros de compressões ou de duas rarefações consecutivas.

O **Período (T)** é o tempo de duração de uma oscilação completa, isso quer dizer que em um comprimento de onda, teremos o que se denomina período, que ocorrerá em um intervalo de tempo específico, por exemplo, o período em que a Terra realizar uma volta completa em torno do Sol é denominado ano, ou seja, 365 dias, esse movimento tem o nome de Translação. Outro exemplo poderia ser o movimento de rotação da Terra em torno de si mesma, o período para ocorrer esse giro é de 24 horas. A unidade do período (T) no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s), mas pode ser medido em outras unidades tais como: minutos, horas, dias, anos, etc. Em uma onda onde o período é 3 segundos, significa que a cada 3 s, uma crista passará por um mesmo ponto da onda, quanto maior o período menos ondas completas passará pelo o mesmo ponto em certo período de tempo, e quando menor o período mais ondas passarão por um mesmo ponto da onda em um intervalo de tempo.

Logo o período (T) pode ser expresso pela Eq. (1):

$$T = \frac{\Delta t}{n}$$

Eq. 1

Onde **n** é o número de repetições do movimento em um determinado intervalo de tempo (Δt). Sabe-se que o período, encontra-se relacionado com outra grandeza, chamada de frequência (**f**), a qual corresponde ao número de repetições do movimento (**n**) em um determinado intervalo de tempo (Δt), conforme a Eq. (2):

$$f = \frac{n}{\Delta t}$$

Eq. 2

Logo, pode-se reescrever o período como sendo o inverso da frequência, assim, tem-se que o período, Eq. (3):

$$T = \frac{1}{f}$$

Eq. 3

Neste momento o docente pode solicitar aos alunos a citarem exemplos de situações cotidianas onde são observados movimentos periódicos, indicando qual o período correspondente, como por exemplo: o tempo em que os ponteiros do relógio demoram a completar uma volta integral, neste caso, o das horas, minutos e segundos, têm respectivamente o período de 12 h, 1 h, e 1 min.

A **Frequência (f)** é uma grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Por exemplo, na figura 8 é observada a realização de três ciclos. Isso significa que a onda repete-se três vezes durante um segundo, logo a frequência correspondente é de 3 Hz (Hertz). Quanto mais veloz o movimento que ocasione uma onda, maior será a frequência da onda. No Sistema Internacional, a frequência será medida em Hertz (Hz), pois é mensurada em ciclos completos por 1 segundo. Lembre-se que a frequência de uma onda depende apenas da fonte que a emite.

Convém registrar que a Frequência (**f**) e o Período (**T**) são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa), conforme a Eq. 4.

$$f = \frac{1}{T}$$

Eq. 1

A Velocidade (v) de propagação de uma onda é a agilidade com que a onda se propaga em um meio específico, e está relacionada à distância percorrida por intervalo de tempo, sendo calculada pelo deslocamento em um determinado tempo, então o deslocamento em uma onda será o comprimento de onda λ por tempo. Neste caso o período **T**. Logo a velocidade em uma onda é calculada pela expressão (Eq. 5):

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Eq. 5

As unidades para cada grandeza envolvida, conforme o Sistema Internacional de Unidades (SI) são:

λ = comprimento de onda em metro (m)

v = frequência em Hertz (Hz)

T = período em segundos (s)

Pode-se reescrever a Eq. (5), substituindo o período da Eq. (3), obtendo assim a **Equação Fundamental da Onda** Eq. (6):

$$v = \lambda \cdot f$$

Eq. 6

O professor ao final pode propor questões de situações problemas para os alunos calcularem as grandezas relacionadas às ondas, tais como: período (T), frequência (f), amplitude (A) comprimento de onda (λ) e velocidade da onda (v).

1.2.4 Segundo momento – Resolução de Situações Problema

No segundo momento será proposta a separação da turma em 5 equipes, onde serão distribuídas situações-problema (Quadro 2) que envolvam as grandezas, correlacionando dessa forma o que foi exposto na teoria com a prática. Tais problemas podem variar desde conceitos a cálculos, onde o estudante terá que encontrar alguma grandeza especificamente, onde será estipulado um tempo para cada equipe solucionar a questão proposta e, em seguida a equipe usará a criatividade para apresentar como resolveu a mesma, além de explicar a grandeza procurada, citando um exemplo do cotidiano. Para o ensino remoto, sugere-se que esta etapa não seja realizada, ou se for o

caso adaptada para a realidade da turma. No caso de não ser realizada a atividade proposta no ensino remoto, os slides em anexo sugerem uma questão como exemplo para substituição desta atividade.

A apresentação das equipes funcionará como uma breve revisão elaborada por cada grupo, onde o professor propor algumas sugestões para a apresentação, tais como o uso do quadro e dos recursos utilizados durante a aula; de forma a tornar os alunos participantes, possibilitando que a aula ocorra de forma dinâmica e interativa, pois deste modo o aluno assumirá uma postura proativa, se envolvendo e demonstrando interesse para a execução das atividades propostas.

No concernente aos estudantes com deficiência visual e/ou auditiva estes deverão compor as equipes, juntamente com as professoras mediadoras. É de suma importância que o docente saliente a importância do trabalho em equipe, sugerindo que os demais discentes ouçam as sugestões dos estudantes com deficiência e que ofereçam auxílio aos mesmos para que estes também possam participar das atividades.

Quadro 2: Perguntas sobre as grandezas relacionadas à onda

Equipe	Grandeza para ser explicadas	Pergunta	Resposta
1	Comprimento de onda (λ)	Calcule o comprimento de onda de uma onda cuja frequência é 60 Hz e se propaga com velocidade de 3 m/s?	$\lambda = 0,05 \text{ m}$
2	Velocidade (v) e a Equação fundamental das ondas	Calcule a velocidade de propagação de uma onda de comprimento de onda igual a $2 \cdot 10^{-9} \text{ m}$ e $1,5 \cdot 10^{17} \text{ Hz}$ de frequência.	$v = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$
3	Frequência (f) e Período (T)	Um objeto flutuando na água é atingido por 60 pulsos a cada 30 s. Determine (a) a sua frequência em Hz; e (b) o seu período em segundos.	a) $f = 2 \text{ Hz}$; b) $T = 0,5 \text{ s}$
4	Amplitude (A)	A corrente alternada das redes de eletricidade europeias oscila com frequência de 50 ciclos por segundos. Calcule o período dessa corrente.	$T = 2 \cdot 10^{-2} \text{ s}$
5	As relações entre: Comprimento de onda (λ), Amplitude (A), Frequência (f), Período (T) e Velocidade (v)	Descreva as grandezas: Período (T), Frequência (f), Amplitude (A), Comprimento de onda (λ) e Velocidade da onda (v), relacionadas à onda, citando exemplos do cotidiano.	Explicar as grandezas.

Fonte: Adaptado de <http://www.professormario.com.br/textos/listas/2EM-exercicios-ondas.pdf>.

Essa proposta visa instigar o estudante para aguçar o seu pensamento, a sua criatividade, lhe permitindo refletir sobre os conteúdos expostos pela docente. É de conhecimento geral, quando o aluno consegue expressar e interpretar as situações-

problema, ou até mesmo correlacionar estes assuntos com o cotidiano, realizando comparações com situações diferentes, temas que inicialmente lhe era abstrato, pode passar a ser algo mais palpável. Deste modo, é fundamental que o professor incentive a participação nas aulas, provoque a citação de situações onde os conceitos estudados aparecem no cotidiano, bem como o uso de analogias para promover aos alunos momentos para reflexão sobre o tema abordado em sala de aula.

1.2.5 Terceiro momento – Reflexão e Refração

O docente discorrerá sobre os fenômenos ondulatórios de Reflexão e Refração. Para isso, serão utilizadas as imagens dos fenômenos ampliadas e adaptadas em alto relevo e com audiodescrição.

Reflexão

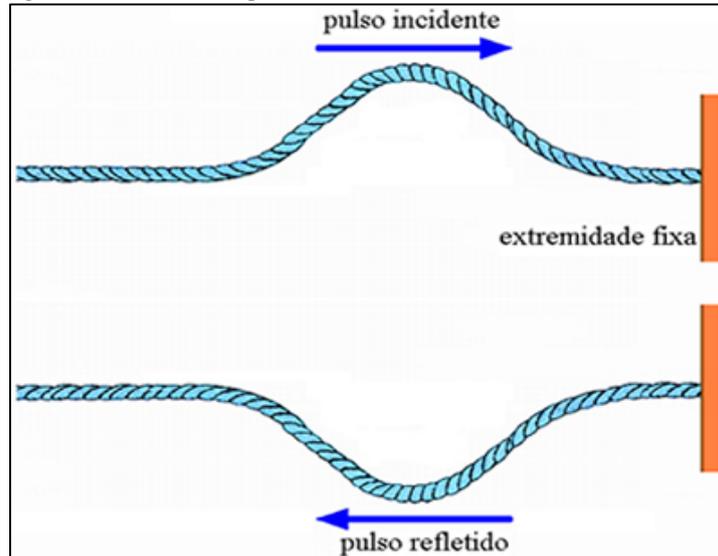
Para iniciar-se essa parte do conteúdo pode-se “lançar” algumas suposições e questionamentos aos estudantes, tais como: considerem agora uma corda estendida horizontalmente sob uma superfície, na qual é ocasionada por um pulso por uma pessoa que segura uma das extremidades, o que ocorre quando o pulso conseguir alcançar a outra extremidade da corda? Quando a corda chega ao fim da sua extremidade, o que acontece com o pulso gerado?

No primeiro questionamento espera-se que todos os alunos contribuam de forma a elaborar as próprias hipóteses e que ainda, possam observar que conforme a onda (pulso) se propaga, acontece uma deformação elástica na corda, e em seguida volta à posição inicial, sendo que essa deformidade relaciona-se a uma energia potencial, logo, pode-se concluir que a propagação da onda corresponde à energia potencial proporcionada inicialmente no pulso a corda. Sabe-se que segundo o princípio da conservação de energia mecânica, nenhuma energia pode simplesmente sumir ao alcançar a outra extremidade da corda. Ao executar uma perturbação na corda, o pulso ao atingir o final da corda retornará ao ponto inicial, sendo assim **refletido** (GASPAR, 2013).

O fenômeno chamado reflexão é natural de todo tipo de propagação ondulatória, quando esta incide sobre algum obstáculo propagando-se retornando ao meio original da fonte, podendo ocorrer tanto em extremidades de cordas fixas quanto em móveis,

conforme as figuras 9 e 10, respectivamente, onde a onda refletida continua com as características da onda incidente.

Figura 9: Reflexão do pulso em uma corda com extremidade fixa.

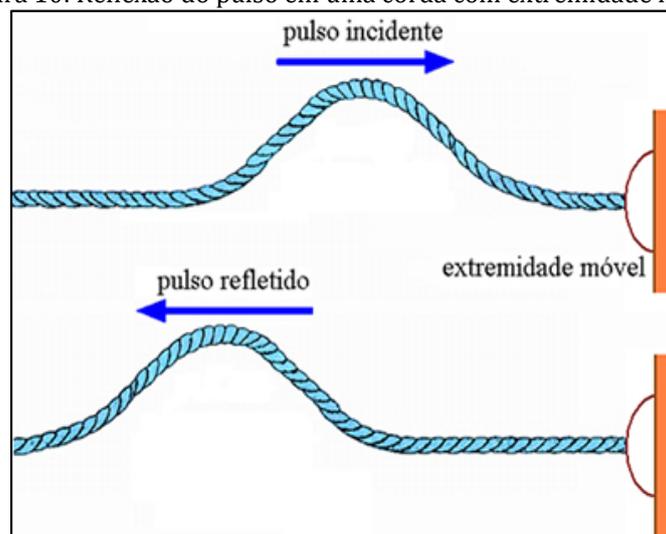


Fonte: <https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/reflexao-sem-inversao-de-fases.jpg>.

Descrição da Figura 9:

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa numa base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente. Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para baixo) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Figura 10: Reflexão do pulso em uma corda com extremidade móvel.



Fonte:

<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/ffe9f7e566a51a55c18a0983f3bdaeed.jpg>.

Descrição da Figura 10:

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa por uma argola numa base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Apesar, deste fenômeno ser característico à qualquer pulso propagado, sejam ondas luminosas ou sonoras, a reflexão tem algumas especificações para cada modelo ondulatório. Vale ressaltar que se optou por não abordar o processo de reflexão e refração da luz ao passar por uma interface entre dois meios.

A reflexão pode ser com ou sem inversão de fase, isso dependerá se a extremidade da corda se encontrar solta ou presa. Considerando a extremidade da corda fixa, a perturbação exercida sobre a corda voltará invertida, isso acontece devido ao princípio de ação e reação, sendo exercida uma força pelo suporte de reação no sentido contrário, ou seja, para baixo, conforme demonstrado na figura 9, nessa situação, afirma-se que o pulso sofreu uma **reflexão com inversão de fase**, inversão esta ocasionada pela força provocada na corda, a qual faz com que a onda ao atingir a extremidade fixa, onde a crista está voltada para cima; ao refletir-se, volta-se para baixo.

Caso a extremidade esteja solta, o pulso não será invertido, conforme demonstrado na figura 10, na qual se pode visualizar a extremidade da corda conectada a um anel que se move livremente no eixo vertical sem atrito. Quando a onda alcança o anel, a corda se mexe para cima até que toda a energia cinética converta-se em energia potencial elástica. Com isso ao movimentar-se para baixo, a ponta da corda envia uma onda no sentido oposto, exatamente idêntico ao pulso incidente, nesse caso o pulso sofreu uma **reflexão sem inversão de fase**.

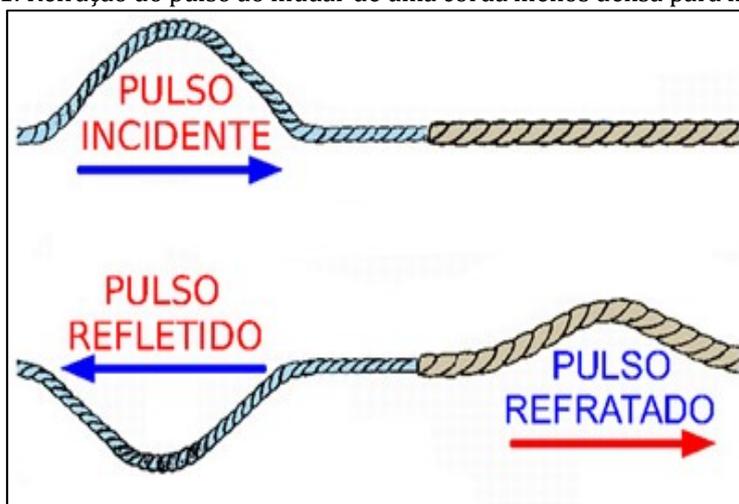
Vale esclarecer que não importa se o meio é uni, bi ou tridimensional, na reflexão das ondas, as ondas incidentes e refletidas tem sempre a mesma velocidade de propagação V (o meio é o mesmo), a mesma frequência f (a fonte é a mesma) e consequentemente o mesmo comprimento de onda λ , pois $V = \lambda \cdot f$.

Refração

Para iniciar este tema, o docente poderá levantar alguns questionamentos com base na seguinte situação: considerando duas cordas que estão ligadas, sendo estas formadas por materiais diferentes (Figura 11 e 12), nas quais um deles tem densidade linear reduzida, ou seja, com pequena massa por unidade de comprimento e a outra tem uma densidade superior, ou seja, com grande massa por unidade de comprimento (RAMALHO, GILBERTO e TOLEDO, 2015), ao ocasionar um pulso na corda de densidades diferentes, o que ocorre quando o pulso atinge o ponto de ligação de uma corda para outra?

Através desta situação-problema, o professor pode incentivar seus alunos a formularem possíveis hipóteses de tais situações. Espera-se que os discentes cheguem à formulação conceitual de **refração**, fenômeno no qual ocorre a passagem de um pulso para outra corda, de densidades lineares distintas (Figura 11 e 12).

Figura 11: Refração do pulso ao mudar de uma corda menos densa para mais densa



Fonte: https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/7ee028f25caa2f2e619a519cc7b1f361.jpg.

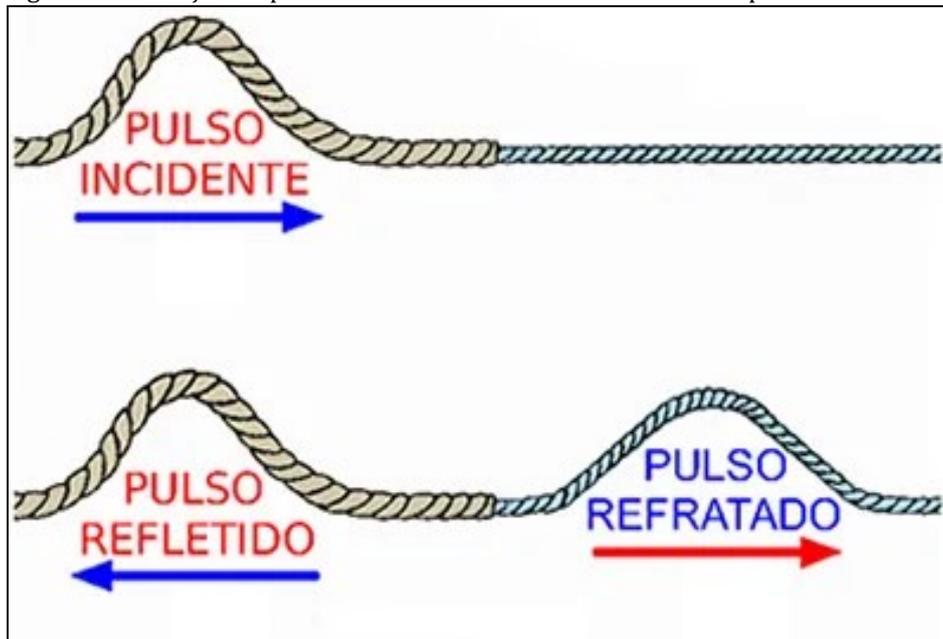
Descrição da Figura 11:

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda fina (menos densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda mais grossa (mais densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, disposta na horizontal, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para baixo) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma leve ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso refletido, indica sua direção da propagação. E uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

Figura 22: Refração do pulso ao mudar de uma corda mais densa para menos densa



Fonte: <https://static.preparaenem.com/conteudo/images/pulso-refratado.jpg>.

Descrição da Figura 12:

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda mais grossa (mais densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda fina (menos densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma ondulação para cima) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso refletido, indica sua direção da propagação. Uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

A refração estará sempre junto a reflexão no ponto de conexão das cordas, movimentando-se em sentido contrário (FUKE et. al., 2007). Para a compreensão da refração faz-se necessário entender o significado de densidade linear (μ), a qual como anteriormente mencionada, trata-se da massa (m) por unidade de comprimento (L), sendo que a unidade no SI é dada em quilograma por metro (kg/m), conforme a expressão a seguir (Eq. 7):

$$\mu = \frac{m}{L}$$

Eq. 7

Quando a primeira **corda** tem uma densidade linear menor que a outra na qual está ligada, figura 11, o pulso refletido terá sua fase invertida em relação ao pulso

incidente, pois a corda de densidade linear maior se comporta como uma extremidade fixa. Assim, a energia da onda incidida é dividida entre o pulso refletido e o pulso refratado. Como as cordas são submetidas à mesma força de tração, a **onda propaga-se com menor velocidade** na corda de maior densidade linear (GASPAR, 2013).

Agora, supondo que o caso seja diferente, se as ordens das cordas fossem trocadas, conforme exposto na figura 12, a primeira corda sendo a de maior densidade linear, o pulso refletido não sofreria inversão, pois o pulso incidente encontraria uma corda menos densa, e essa por sua vez, se comportaria como uma extremidade livre. Assim a inércia da corda de menor densidade linear permitiria que o pulso acompanhasse de imediato, os movimentos da corda de maior densidade linear. Neste caso, a velocidade do pulso é maior na corda de menor densidade linear, pois a velocidade (v) de propagação do pulso na corda depende apenas da intensidade da força de tração (T) e a densidade linear (μ) da corda sendo dada pela Eq. 8:

$$V = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

Eq. 8

As unidades para cada grandeza envolvida são:

V = velocidade [m/s]

T = força de tração [N]

μ = densidade linear [kg/m]

Quanto maior a intensidade da força de tração na corda, ou seja, quanto mais esticada a corda estiver, maior será a velocidade de propagação do pulso, porém quanto maior a densidade linear da corda, menor será a velocidade de propagação na corda. Portanto, a velocidade e a tração são diretamente proporcionais (aumentam ou diminuem na mesma proporção), por outro lado, a velocidade é inversamente proporcional à densidade linear da corda (se uma grandeza aumenta, a outra diminui). Neste ponto, se finda a segunda etapa da Sequência Didática, sendo esta retomada em um segundo encontro, o qual será descrito a seguir.

1.3 TERCEIRO ENCONTRO – 3ª ETAPA DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA

1.3.1 Duração

100 minutos

1.3.2 Objetivo da aula:

- Apresentar os fenômenos ondulatórios: Difração; Interferência e Polarização.
- Aplicar o Quiz e a Roda de Conversa.
-

1.3.3 Primeiro momento – Difração; Interferência e Polarização

O docente discorrerá sobre os fenômenos ondulatórios de Difração; Interferência e Polarização. Para isso, serão utilizadas as imagens dos fenômenos ampliadas e adaptadas em alto relevo e com audiodescrição.

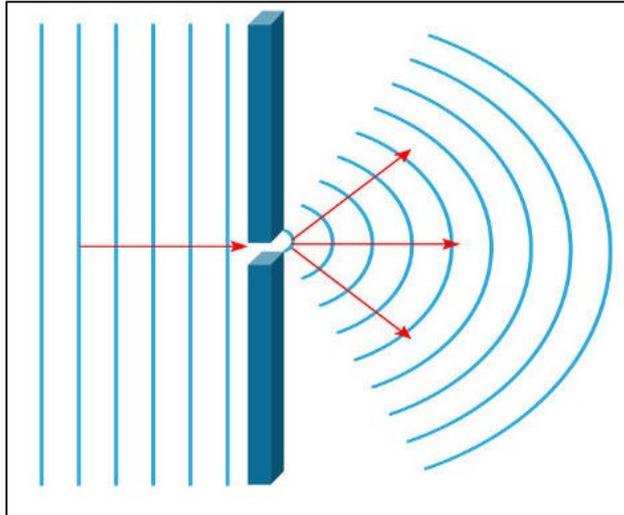
Difração

Para discorrer acerca do fenômeno de difração, o docente iniciará aula propondo uma discussão a partir dos seguintes questionamentos:

- Como podemos ouvir as pessoas conversando em ambientes diferentes ao que você está?
- Por exemplo, suponha que está no quarto e sua mãe na sala lhe chamando para o jantar. Você pode ouvir pessoas conversando atrás de portas, muro, mas não pode vê-las, por quê?

Em seguida explicar que ambas as perguntas estão relacionadas, pois sabe-se que tanto o som como a luz são ondas, porém ondas de natureza distintas. O motivo pelo qual o som pode ser escutado do outro lado do muro, ou do quarto está relacionado à capacidade da onda de contornar objetos, sendo que este fenômeno recebe o nome de **difração** (Figura 13), e acontece com todos os tipos de ondas, porém por qual motivo a luz sendo onda não sofre difração no muro?

Figura 13: Representação do fenômeno de difração



Fonte: <https://s5.static.brasielcola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg>.

Descrição da Figura 13:

Da esquerda para direita: Linhas azuis na vertical, igualmente espaçadas; Faixa grossa azul escura na vertical (representa uma barreira) com um espaço pequeno no meio (representa uma fenda); Linhas azuis circulares igualmente espaçadas, crescentes a partir da fenda.

Uma seta vermelha na esquerda da fenda, apontando para fenda, indica a direção de propagação da onda incidente.

Três setas vermelhas à direita da fenda: a primeira apontando para o nordeste, a segunda para o leste e a terceira para o sudeste; indicam a direção de propagação das ondas circulares.

A capacidade da onda de contornar um orifício/obstáculo está relacionada ao comprimento da onda em relação ao tamanho do orifício/obstáculo. Neste caso, a resposta para a situação anterior deve levar em consideração as dimensões do muro e os comprimentos das ondas sonoras. Sublinhe-se que o muro tem dimensões comparáveis ao comprimento de onda sonora, agora a luz tem comprimentos menores, por isso que geralmente somente consegue se notar a ocorrência de difração, quando o comprimento médio de onda da luz é da ordem de 0,0005 mm. Normalmente não se tem objetos com essas dimensões, deste modo vale ressaltar que a luz sofrerá difração desde que o obstáculo tenha comprimentos de onda bastante pequenos de ordem 10^{-7} m (HALLIDAY, 2008).

Dado o exposto, para que ocorra difração, é necessário que o tamanho da fenda ou obstáculo seja comparável ao comprimento de onda, ou seja, à distância entre as duas cristas ou vales da onda incidente. Porém, se o comprimento do obstáculo for muito maior que o comprimento de onda, não ocorrerá difração. Considerando tais

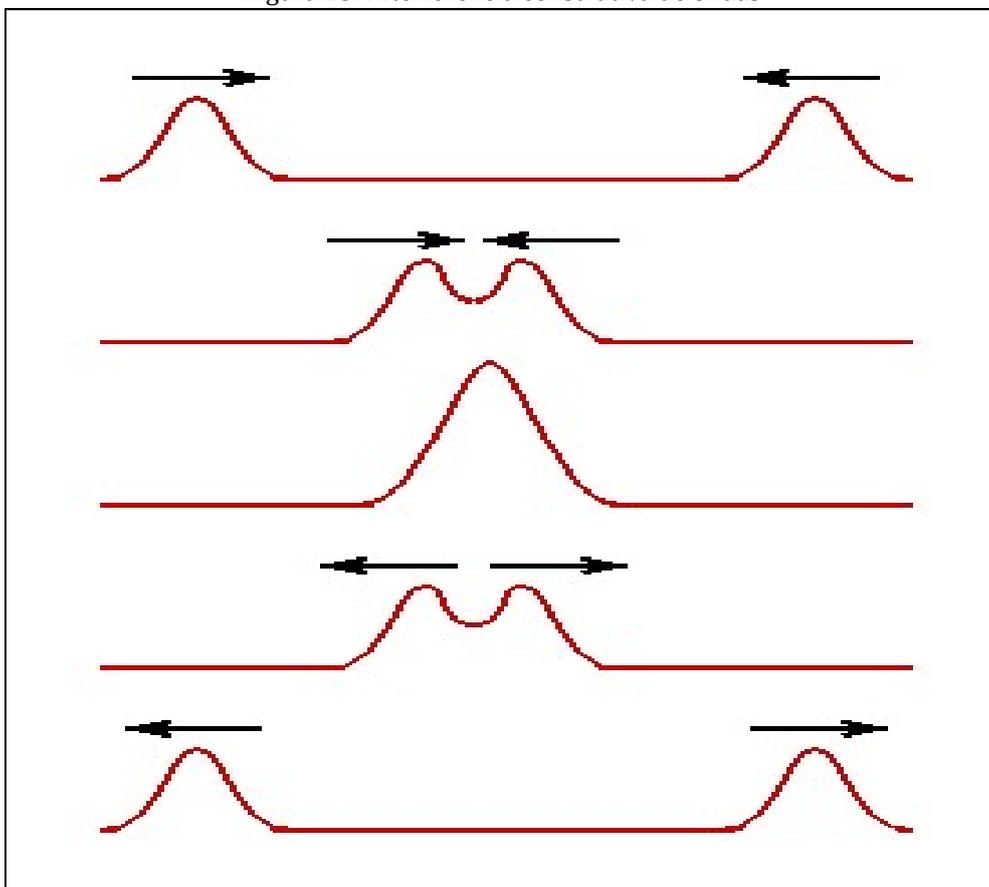
pressupostos, quanto menor o comprimento da onda em relação ao tamanho do objeto ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo.

Interferência

A **interferência de ondas** é o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ou mais ondas de mesma natureza (Figura 14 e 15) de modo simultâneo, que estão se propagando em um mesmo meio, porém em sentidos contrários. O fenômeno da interferência é basicamente governado por dois princípios, sendo eles:

- **Princípio da Independência**: após se interferirem, as ondas não sofrem alterações em suas características e seguem, independentemente, seus caminhos.
- **Princípio da Superposição**: em cada ponto do meio, no qual ocorre à interferência, durante a superposição, é igual à soma algébrica das perturbações (amplitude) de cada onda nesse ponto, que seriam causadas pelas ondas separadamente.

Figura 15: Interferência construtiva de ondas



Fonte: if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/Image107.gif.

Descrição da Figura 14:

Imagem composta por cinco momentos da propagação de dois pulsos em uma corda vermelha, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta acima apontada para direita; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta acima apontada para esquerda.

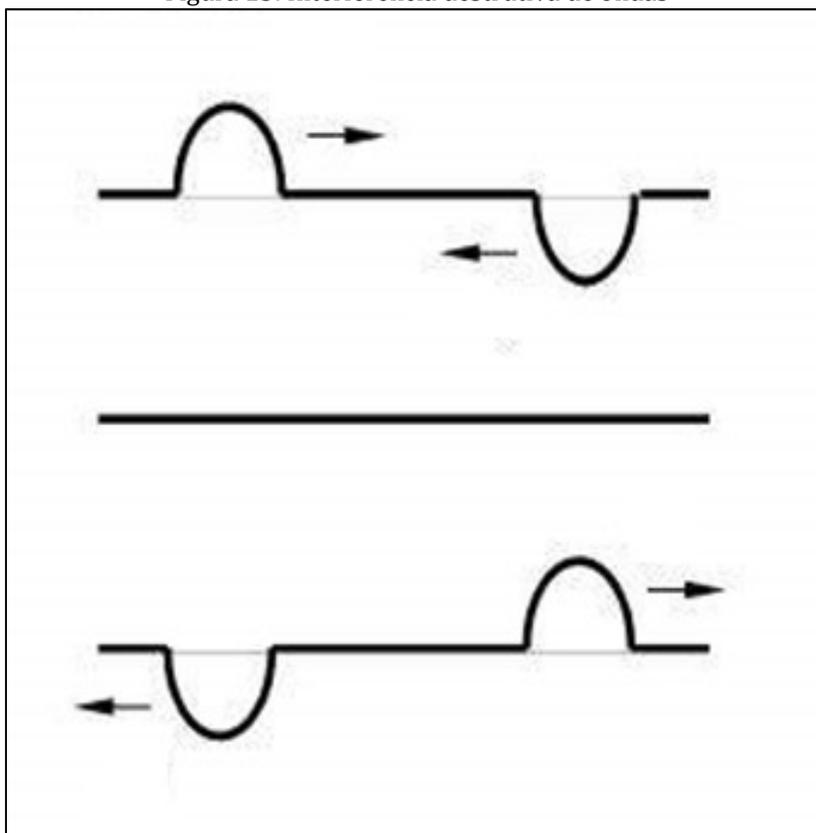
Abaixo, a mesma configuração de pulsos e setas, posicionados mais próximos do centro da corda.

Na terceira imagem, uma corda esticada na horizontal, com um único pulso dobrado (ondulação para cima) no centro, sem a presença de setas.

Na quarta imagem, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima) um pouco afastados do centro. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Abaixo, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima), um em cada extremidade. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Figura 15: Interferência destrutiva de ondas



Fonte: Adaptada de https://images.educamaisbrasil.com.br/content/banco_de_imagens/guia-de-estudo/D/interferencia.JPG.

Descrição da Figura 15:

Imagem composta por três momentos da propagação de dois pulsos em uma corda preta, dispostos um abaixo do outro sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para direita; e um pulso (ondulação para baixo) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para esquerda.

Abaixo, a corda esticada na horizontal, sem a presença de setas.

Na terceira imagem, a corda esticada na horizontal, com: um pulso (ondulação para baixo) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para esquerda; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para direita.

Para simplificar as explicações e auxiliar a compreensão apenas da ideia principal do fenômeno de interferência, o docente poderá propor o estudo somente deste fenômeno em dois pulsos, os quais se deslocam em uma corda, levando em consideração a dificuldade até mesmo por parte dos alunos com visão normal da visualização do fenômeno em ondas bidimensionais e tridimensionais, e ainda, tendo em vista que a sequência tem como principal objetivo inserir alunos com DV ou DA em toda a aula. Assim, não se faz necessário o aprofundamento deste fenômeno em ondas com mais de uma dimensão.

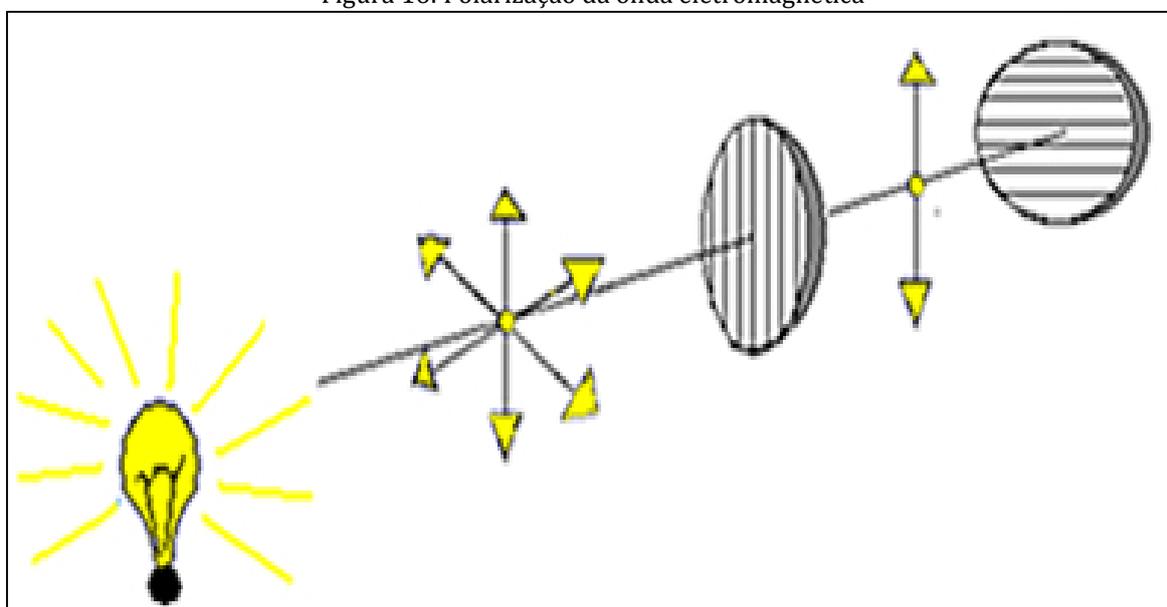
Registre-se que existem dois tipos de interferência: construtiva e destrutiva, sendo que essa classificação dependerá de que formas as ondas se encontram. Deste modo, quando ocorre a superposição dos pulsos com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), aonde os dois pulsos se propagam em sentidos opostos em **concordância de fase**, no momento de encontro tem-se a amplitude correspondente ao somatório das amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 + A_2$, ocorrendo assim uma **interferência construtiva**. Na figura 14 pode-se observar o efeito da amplitude dobrar durante a interferência de dois pulsos de mesma amplitude.

Assinale ainda que quando os pulsos estiverem em **oposição de fase**, com amplitudes diferentes ($A_1 > A_2$), e se propagando em sentidos opostos ao se encontrarem, ocorre uma **interferência destrutiva**, sendo que no momento de encontro tem-se a amplitude correspondente à diferença entre as amplitudes dos pulsos, ou seja, $A = A_1 - A_2$. Caso tenhamos $A_1 = A_2$, a amplitude resultante será $A = 0$, conforme exposto pela figura 15.

Polarização

Polarizar uma onda significa orientá-la em uma única direção ou plano (fazê-la vibrar em apenas uma direção) através da passagem em um determinado meio, chamado de polarizador (Figura 16). A **polarização** é uma característica das ondas transversais, em outras palavras, somente ondas transversais podem ser polarizadas, pois como mencionado, sabe-se que uma onda transversal é aquela que possui várias direções transversais de vibração, relativamente à direção da propagação; porém as ondas longitudinais não podem ser polarizadas porque oscilam na mesma direção da propagação.

Figura 16: Polarização da onda eletromagnética



Fonte:

<https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/images/Onda%20luminosa%20sofrendo%20polarizacao.jpg>

Descrição da Figura 16:

Na esquerda, desenho de lâmpada acesa de cor amarela, com retas saindo dela para todas as direções.

Ao lado direito sobre uma linha reta cinza, levemente inclinada para o nordeste, quatro desenhos dispostos em sequência: primeiro: setas amarelas radiais partem do ponto central para todas as direções, representa a luz não polarizada; segundo: na cor cinza, círculo com retas na vertical no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção vertical; Terceiro, uma seta amarela parte do ponto central e aponta para cima e para baixo, representa a luz polarizada na vertical; Por último, na cor cinza, círculo com retas na horizontal no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção horizontal.

Supondo que se tem uma corda onde a vibração ocorre transversalmente, ao atravessar uma abertura (polarizador), a direção de propagação das partículas oscilantes, depois da ultrapassagem, será única e paralela à fenda, a onda vibra num único plano. Portanto, se diz que a onda está **polarizada**.

É importante que o professor ao explicar os fenômenos ondulatórios, no qual necessite da visualização para que o aluno compreenda-o melhor, elabore estratégias para “apresentar as imagens” dos fenômenos para alunos com DV, para isso pode-se fazer o uso de imagens em alto relevo, pois as pessoas cegas utilizam de forma mais ampla as informações transmitidas pelos outros sentidos como o olfato, o paladar, a audição e o tato, pois estes sentidos são mais desenvolvidos em pessoas com essa deficiência, os quais utilizam como auxílio para decodificarem e se apropriarem das informações recebidas na memória (SÁ, CAMPOS e SILVA, 2007).

Neste contexto, as aulas dialogadas não são suficientes na maioria das vezes para que a descrição de determinados fenômenos ondulatórios se mostre significativa para estudantes com deficiência visual, pois se adotando somente estas estratégias tradicionais, estes estudantes não compreenderão os conteúdos transmitido e, conseqüentemente, o processo de ensino e aprendizagem dos mesmos é prejudicado, pensando nisso elaborou-se as imagens em alto-relevo e audiodescritas.

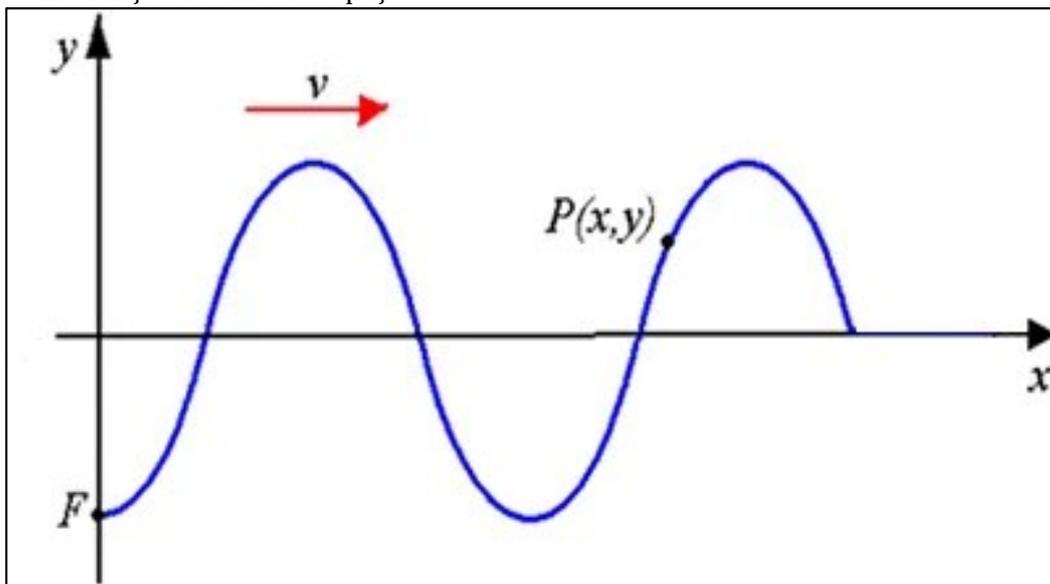
Função da onda

Acrescenta-se ainda uma breve teoria sobre a função da onda. Entretanto, este conteúdo pode ser dispensável para o contexto escolar em que há pouco tempo disponível para abordar o tema de ondulatória. Pode-se ainda aprofundar o tema e definir com os alunos o conceito de função de onda, porém é necessário definir o que é uma onda periódica para adentrar no assunto.

As **ondas periódicas** são geradas por fontes que se repetem em intervalos de tempo iguais. Conforme Fuke et. al. (2007) uma função de onda, da perturbação que se propaga em um meio, tem duas variáveis. Neste estudo, as variáveis são: x (posição) e t (tempo). Considere um sistema de coordenadas que representa a configuração de uma onda periódica propagando-se em um meio com velocidade v , ao longo do eixo das abscissas x , onde F é a fonte que realiza um Movimento Harmônico Simples (MHS), de amplitude “ A ”, no eixo das ordenadas y , conforme a figura 17 mostra.

O ponto P (Figura 17) realiza o mesmo MHS da fonte, no qual a função horária do espaço é dada por $y_F = A \cdot \cos(\omega \cdot t + \theta_0)$, onde “A” é a amplitude da onda, ω é a frequência angular e θ_0 é a fase inicial da extremidade F, na qual pode-se obter a função horária de outro ponto P da corda de coordenadas x e y. As ondas produzidas em F (figura 17) atingem o ponto P após o intervalo de tempo, sendo v a velocidade de propagação da onda.

Figura 17: Instante da propagação de uma onda transversal, onde o ponto P indicado realiza o MHS de uma função horária do espaço



Fonte: Adaptada de [https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/imagens/onda\(1\).jpg](https://s1.static.brasilecola.uol.com.br/be/conteudo/imagens/onda(1).jpg).

Descrição da Figura 17:

Imagem de um instante da oscilação de uma onda na cor azul, sobre o plano cartesiano x e y na cor preta. O eixo x delimita a linha central da oscilação.

Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal:

- 1) O ponto F sobre o eixo negativo de y delimita o início da oscilação, o vale da onda;
- 2) O pico de oscilação para cima, a crista da onda, na parte positiva do eixo y;
- 3) O pico de oscilação para baixo, o vale da onda, na mesma direção do ponto F;
- 4) A subida da oscilação para a crista da onda, onde está posicionado o ponto P(x,y);
- 5) E a descida da oscilação para linha central.

Uma seta vermelha apontada para direita na primeira crista e, acima escrito v (que indica a direção de propagação, onde v representa a velocidade).

Como já mencionado, o ponto genérico P (Figura 17) executa o mesmo MHS da fonte, mas com atraso de um intervalo de tempo $\Delta t = \frac{x}{v}$ em relação a ela, pode-se escrever a sua função horária da seguinte forma (Eq. 9):

$$y = A \times \cos[\omega(t - \Delta t) + \theta_0]$$

Eq. 9

Sabe-se que a frequência angular é dada por: $\omega = \frac{2\pi}{T}$, e que $\Delta t = \frac{x}{v}$, logo temos a Eq.10:

$$y = A \times \cos\left[\frac{2\pi}{T}\left(t - \frac{x}{v}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.10

Aplicando a propriedade distributiva da multiplicação do termo $\frac{2\pi}{T}$ por todos dentro dos parentes, tem-se a Eq. 11:

$$y = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{T \cdot v}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.11

Substituindo a Eq. (6) $v = \lambda \cdot f$ e a Eq. (4) $f = \frac{1}{T}$, têm-se a Eq. 12:

$$v = \frac{\lambda}{T} \rightarrow \lambda = T \cdot v$$

Eq.12

Faz-se a substituição da Eq. 12 pela Eq. 11, e obtém-se dessa forma a Eq. 13 que é a função de onda.

$$y = A \times \cos\left[2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{x}{\lambda}\right) + \theta_0\right]$$

Eq.13

Para cada ponto da corda, a abscissa x é fixa e a ordenada y varia em função do tempo, de acordo com essa Eq. (13). Logo a expressão acima indica a configuração de uma onda, num dado instante t , com a função de duas variáveis x e t é denominada **função da onda**.

1.3.4 Segundo momento - Quiz de perguntas de múltipla escolha

Para praticar os conceitos estudados na sala de aula, será proposto um Quiz de perguntas de múltipla escolha, apresentados nos slides da aula, disponível no portal da

EduCapes (<http://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>), no qual os alunos serão divididos em grupos para socializar suas dúvidas e entendimentos uns com outros, para responder o Quiz. Vale ressaltar a necessidade da presença das mediadoras que deverão auxiliar os deficientes durante as aulas para aplicação da SD.

Segundo Coelho e Pison, (2012), em sua obra que discorre acerca da Teoria de Ensino de Vygotsky, é de suma relevância a interação entre sujeito, objetos e outros sujeitos para que ocorra uma aprendizagem significativa. A atividade proposta em grupo visa justamente essa interação com o objetivo de aprendizagem do aluno.

No ensino remoto recomenda-se a discussão ampla sobre cada pergunta, já que nas aulas on-line a reunião em grupos fica mais difícil.

1.3.5 Terceiro momento – Roda de Conversa

Para finalizar aplicação da SD, será proposta uma Roda de Conversa com todos os alunos, seguindo o roteiro apresentado no quadro 3 com o intuito de estes relatem suas experiências ao participarem de uma SD com recursos adaptados para alunos com DV ou DA, em aulas de Física.

Quadro 3: Roteiro para Roda de Conversa

Tema	Perguntas
Sobre a diversidade da sala de aula	<p>Contextualização: o ambiente de sala de aula pode ser os mais diversos possíveis. Algumas turmas têm alunos que aprendem rápido, outros mais devagar. Alguns possuem limitações físicas e outros não. Alguns são mais velhos e outros mais novos.</p> <p>(1) Sobre uma sala de aula que possua alunos sem e com deficiência.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Quais pontos positivos. - Quais pontos negativos. - Como você avalia a interação entre todos os alunos na sala.
Sobre a aula com recursos diversificados	<p>(2) Como foi participar das aulas com o uso de recursos diversificados.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Conseguiu compreender o assunto. - Conte como se sentiu durante as aulas. Acessou os recursos didáticos. - Em qual assunto teve mais dificuldade de compreensão? <p>(3) Como descreveria as aulas em geral.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Excelente, Boa, Poderia melhorar ou Péssima. <p>(4) Os recursos foram válidos para você.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maquete oscilações - Imagens ampliadas em alto relevo e audiodescritas. - Brinquedo mola maluca, Corda, Caixa de som e a Lâmpada para exemplificar o conceito físico.

Sobre a inclusão	<p>(5) Sobre uso de materiais adaptados para turma toda (contexto de inclusão)?</p> <ul style="list-style-type: none"> - Algum professor já havia utilizado algum recurso desses em aula.? - O que poderia ser melhorado? - Sem os recursos utilizados teria conseguido compreender os assuntos expostos em sala de aula? <p>(6) A estratégia de usar outros sentidos em sala de aula, como o tato, foi importante? Qual a importância de tais recursos para você?</p>
-------------------------	---

Fonte: Elaborado pela Autora.

Vale ressaltar que tanto o Quiz como a Roda de Conversa tem como finalidade a coleta de subsídios para avaliar o desempenho dos alunos durante as aulas e, coletar dados para avaliar se os objetivos de cada aula foram alcançados. Porém a Roda de Conversa é opcional para o professor que desejar reproduzir esta SD.

No próximo capítulo serão apresentados os passos para confecção das maquetes utilizadas na Sequência Didática, assim como se descreve quais materiais poderão ser empregados para essas construções.

2 CONFEÇÃO DA MAQUETE DE OSCILAÇÕES

Para construir a maquete de oscilações (Figura 4) foram utilizados: 20 palitos de churrasco; 40 bolinhas de isopor; tinta guache azul e vermelha; pincel de pintura; fita transparente, tesoura, e cola de secagem rápida. A maquete tátil visual tem como objetivo demonstrar o movimento oscilatório e a classificação da onda quanto à direção de vibração, neste caso, a onda transversal, onde as vibrações são perpendiculares à direção de propagação da onda. Além de exemplificar a propriedade de transportar energia, mas não transportar matéria. Pois nesse caso as bolinhas se movem para cima e para baixo, presas no palito. Vale ressaltar que as bolinhas não pulam de um palito para o outro, pois se isso ocorresse haveria o transporte de matéria.

Como procedimento de montagem, deve-se pintar metade das bolinhas de vermelho e a outra metade de azul. Em cada palito de churrasco, cole em uma extremidade a bolinha azul e na outra a bolinha vermelha, sugere-se furar um pouco a bola de isopor com o palito e em seguida passar a cola para fixar bem. Por último, devem-se alinhar os palitos, observando que os espaçamentos entre eles sejam iguais e passar a fita durex pelo centro de todos os palitos, conforme apresentado na Figura 4.

Na Figura 18 estão apresentadas algumas imagens da aplicação da presente SD, na qual é exibido o manuseio da maquete de oscilações por uma aluna DV de uma escola pública de Rio Branco, AC. Para esta aplicação, a docente se dirigiu a residência da estudante para executar tal atividade, devido ao contexto de pandemia da Covid-19 no início de 2021, sendo que as Secretarias de Educação Municipais e Estaduais, em atendimento ao Decreto Estadual suspenderam as aulas presenciais.

Figura 18: Três quadros com momentos em que a estudante DV manuseia a maquete de oscilações



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

3 CONFEÇÃO DAS IMAGENS AMPLIADAS EM ALTO RELEVO

Para a elaboração das imagens em alto relevo o docente deve procurar por materiais que permitam captar as diferentes propriedades dos objetos, ou seja, não utilizar texturas iguais e/ou semelhantes em uma mesma matriz, para que o usuário possa fazer uma distinção entre seus elementos tais como, tamanho, forma, textura, dureza (SANTA CATARINA, 2011). Deve-se evitar utilizar mais de uma figura numa mesma matriz, para que não se confunda uma com a outra, logo cada imagem deve conter apenas um fenômeno da ondulatória.

Oportuno evidenciar que estes critérios são de fundamental importância para o aluno deficiente visual conseguir compreender aquilo que o docente gostaria de ensinar. Outros ainda devem ser observados:

- Eleger materiais que não agridam a sensibilidade tátil, evitando a rejeição e irritação da pele prejudicando o contato e a percepção.
- Não utilizar materiais perecíveis (arroz, feijão, milho e outros), evitando assim a proliferação de fungos e mofo, que podem vir a trazer danos à saúde do usuário.
- Utilizar texturas diversificadas, sem muitos detalhes, para melhor destacar as partes específicas que compõem o todo.
- Não utilizar texturas iguais e/ou semelhantes em uma mesma matriz, para que o usuário possa fazer uma distinção entre seus elementos.
- A base da matriz deverá ser lisa para que a figura em relevo tenha maior destaque.
- A figura adaptada em relevo deverá ter tamanho adequado, permitindo à pessoa cega percebê-la de forma globalizada.
- Evitar mais de uma figura numa mesma matriz, para que não se confunda uma com a outra. Procurar padronizar as texturas utilizadas na produção das matrizes, para melhor reconhecimento e compreensão na leitura tátil.
- Em centros de produção, as adaptações em relevo devem ser revisadas por uma pessoa cega, para a verificação da compreensão das matrizes e da exigência de possíveis reformulações que se fizerem necessárias.
- Informar o título a que se refere à figura na matriz.
- Quando houver a necessidade, matrizes deverão estar acompanhadas de legendas explicativas, para compreensão da leitura tátil.
- Quando existirem figuras sobrepostas, ou com muitos detalhes deverá existir uma legenda explicativa, bem como as figuras desmembradas.
- Quando houver figuras complexas, deverão ser eliminados os detalhes que não irão interferir nas características iniciais das mesmas.
- Os materiais devem ser confeccionados em tamanho adequado, ressaltando os detalhes de suas partes.
- Sempre que possível os materiais adaptados devem ser fidedignos às informações do livro didático. (SANTA CATARINA, 2011, p. 15-16)

O docente pode utilizar várias texturas para adaptação das imagens para o aluno com DV, as quais servirão para frisar cada parte da figura, distinguindo uma das outras, tentando assim ser o mais fiel possível ao material, especificamente das imagens que demonstram os fenômenos ondulatórios. As texturas são recursos que asseguram a acessibilidade ao aluno DV, atendendo a necessidade de compreensão, interpretação e assimilação das informações em igualdade de condições nos contextos educacionais, a

partir da qualidade do material, a clareza e a disponibilidade exploratória que proporciona. (SANTA CATARINA, 2011, p. 17).

Para a adaptação das imagens segue-se alguns passos que o professor pode adotar, vale ressaltar que os materiais utilizados para as imagens dos fenômenos ondulatórios podem ser substituídas por materiais que o professor tenha disponível.

- (1) Selecionar a imagem que será utilizada para adaptação em alto relevo
- (2) O docente pode eliminar das imagens itens meramente ilustrativos (que não fazem necessariamente parte do conteúdo que o mesmo gostaria de enfatizar), para assim não sobrecarregar a imagem e dificultar a assimilação da mesma por parte do aluno DV.
- (3) Escolher as texturas para utiliza-se
- (4) Ampliar e imprimir as imagens para a realização da adaptação em alto relevo, de maneira que o aluno DV consiga distinguir cada parte da mesma, assim ficará melhor para colocar as diferentes texturas em cada parte da imagem.
- (5) Escolher uma base para a colagem das texturas, a base é onde ficará toda a imagem. Pode ser utilizada cartolina, papel madeira, papel cartão, fica a critério do docente essa escolha.
- (6) Marcar com lápis na base onde ficará cada parte da imagem ou o docente pode fazer o recorte da mesma e colar na base.
- (7) Escrever os títulos, frases e as legendas das imagens em braille. Pode-se utilizar o alfabeto em braille como auxílio para transcrever as palavras em tinta para o braille, o docente pode usar para a escrita do braille o equipamento chamado reglete ou até mesmo máquinas de impressoras próprias para esse tipo de impressão, outra opção seria utilizar miçangas para a escrita em braille. Para facilitação da escrita o docente pode baixar um programa chamado: Braille fácil, onde poderá transcrever as palavras digitadas para o braille ou até imprimi-las diretamente nas impressoras próprias, o aplicativo é gratuito e disponível no site: <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/>, o manual de instruções para seu uso está disponível em <http://intervox.nce.ufrj.br/brfacil/brfacil40.pdf>.
- (8) Colagem das texturas nas imagens.
- (9) Colar as imagens originais atrás da base para os alunos videntes.

Nas Figuras 19, 20 e 21 estão apresentadas algumas imagens confeccionadas em alto-relevo e utilizadas na aplicação da presente SD com o respectivo manuseio por uma aluna DV de uma escola pública de Rio Branco, AC. Para esta aplicação, a docente realizou a atividade de modo presencial na residência da própria estudante, pois conforme revelado anteriormente em decorrência das medidas sanitárias adotadas pelo Estado em razão da pandemia do Covid 19, as quais suspenderão as aulas presenciais no contexto escolar.

Figura 19: Imagem da reflexão de um pulso em uma corda com extremidade móvel confeccionada em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Figura 20: Imagem do fenômeno de difração em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Figura 21: Imagem da reflexão e refração de um pulso de uma corda com densidades diferentes, confeccionada em alto-relevo (esquerda). Momento em que a estudante DV manuseia a imagem em alto-relevo (direita)



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

Vale ressaltar que conforme os autores Vidueira et. al. (2021), uma boa representação não significa necessariamente uma imagem carregada de detalhes, tendo em vista que se elaborada deste modo ao invés de facilitar a compreensão do DV, pode acabar atrapalhando. Deste modo, interessante considerar que para uma imagem tátil visual ser considerada apropriada, o docente deve deter-se apenas aos elementos essenciais para a interpretação e compreensão dos fenômenos ondulatórios, por isso, a simplicidade e clareza são de suma importância na escolha e adaptação das imagens. Portanto, uma boa ilustração não deve ser uma cópia fiel da original para os alunos com DV, pois imagens simples podem ser mais entendíveis ao ser tateado pelo o deficiente visual. Por fim, a figura 22 mostra a estudante manuseando a mola maluca, proposta na SD.

Figura 22: Dois momentos em que a estudante DV manuseia a Mola Maluca utilizada na SD



Fonte: Acervo das autoras, maio de 2021.

4 REFERÊNCIAS

COELHO, L; PISONI, S. **Vygotsky**: sua teoria e a influência na educação. **Revista e-Ped – FACOS/CNEC Osório**, v. 2, n. 1, p. 144-152, ago, 2012.

FUKE, Luiz Felipe ,TADASHI, Carlos Shigekiyo, YAMAMOTO, Kazuhito; **os alicerces da Física 2**. 15.ed. – São Paulo: Saraiva, 2007.

GASPAR, A. **Compreendendo a física**. 2ª Ed. São Paulo: Ática, 2013.

HALLIDAY, D. **Fundamentos de física**: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª. Ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.

MOREIRA, M. A., VEIT; E. A. **Textos de apoio ao professor de Física**. ISSN 1807-2763; v. 18, n. 1, 2007.

RAMALHO, F. GILBERTO; N. TOLEDO; P. A. **Os fundamentos da Física**. 11ª Ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.

ROCHA, R. B. **Modelo de produção da voz baseado na biofísica da fonação**. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) 77 f. Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Engenharia Elétrica e Informática. 2017.

SANTA CATARINA. Secretaria de Estado da Educação. Fundação Catarinense de Educação Especial. **Guia prático para adaptação em relevo**. Secretaria de Estado da Educação. Fundação Catarinense de Educação Especial, Jussara da Silva (Coord). - São José: FCEE, 2011. 68 p.

SÁ, E. D.; CAMPOS. I. M.; SILVA, M. B. C. **Atendimento Educacional Especializado**: Deficiência Visual. MEC, SEESP, 2007.

SILVA, A. P.; SOARES, B. **WiFi e WiMaxII**: As Tecnologias de Rede Sem Fio. FITEC e TELECO, 2009.

VIDUEIRA, J.E.; PADILHA, M. V. S.; MARTINS, R. M.; TRINDADE, M. E C.; COSTA D. K. D.; SUZIKI, J. C. **Manual de imagens para deficientes visuais**. São Paulo: FFLCH/USP, 2021.

5 APÊNDICE – SLIDES

Esta sequência didática inclui também:

- SLIDES SOBRE CONCEITOS BÁSICOS DE ONDULATÓRIA COM AUDIODESCRIÇÃO DE IMAGENS

Disponível em: <https://educapes.capes.gov.br/handle/capes/599556>



Conceitos Básicos de Ondulatória

Joisilany Santos Dos Reis e
Bianca Martins Santos

Slides com audiodescrição de imagens para o ensino presencial ou remoto de alunos com deficiência visual

Novembro de 2021



Estes slides fazem parte do trabalho de dissertação:
**"ENSINO DE ONDAS PARA INCLUSÃO DE
DEFICIENTES VISUAIS E AUDITIVOS"**

Mestranda: Joisilany Santos Dos Reis
(joisilany.santos@gmail.com)

Orientadora: Profa. Dra. Bianca Martins Santos
(bianca.santos@ufac.br)

Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física -
MNPEF (Polo 59)
Universidade Federal do Acre - UFAC

Audiodescrição dos slides:

Slides de fundo branco, com letras pretas e títulos com letras maiores. Os links da internet em azul escuro e sublinhado. Nas equações, um contorno preto retangular em volta.

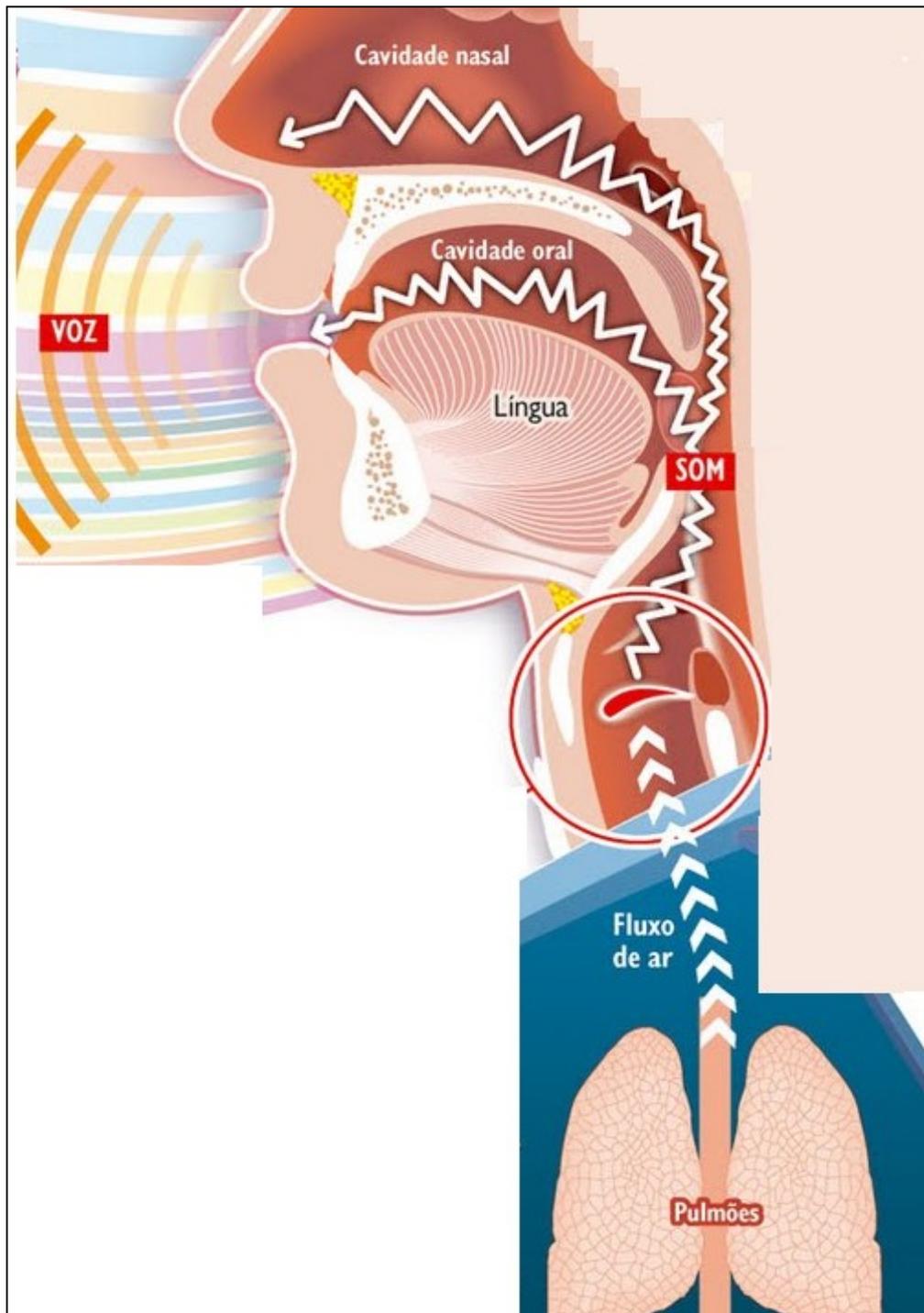
Onda

É qualquer perturbação ocasionada em um determinado espaço tempo, onde não ocorre o transporte de matéria, somente de energia.

Classificação das ondas

Quanto à Natureza:

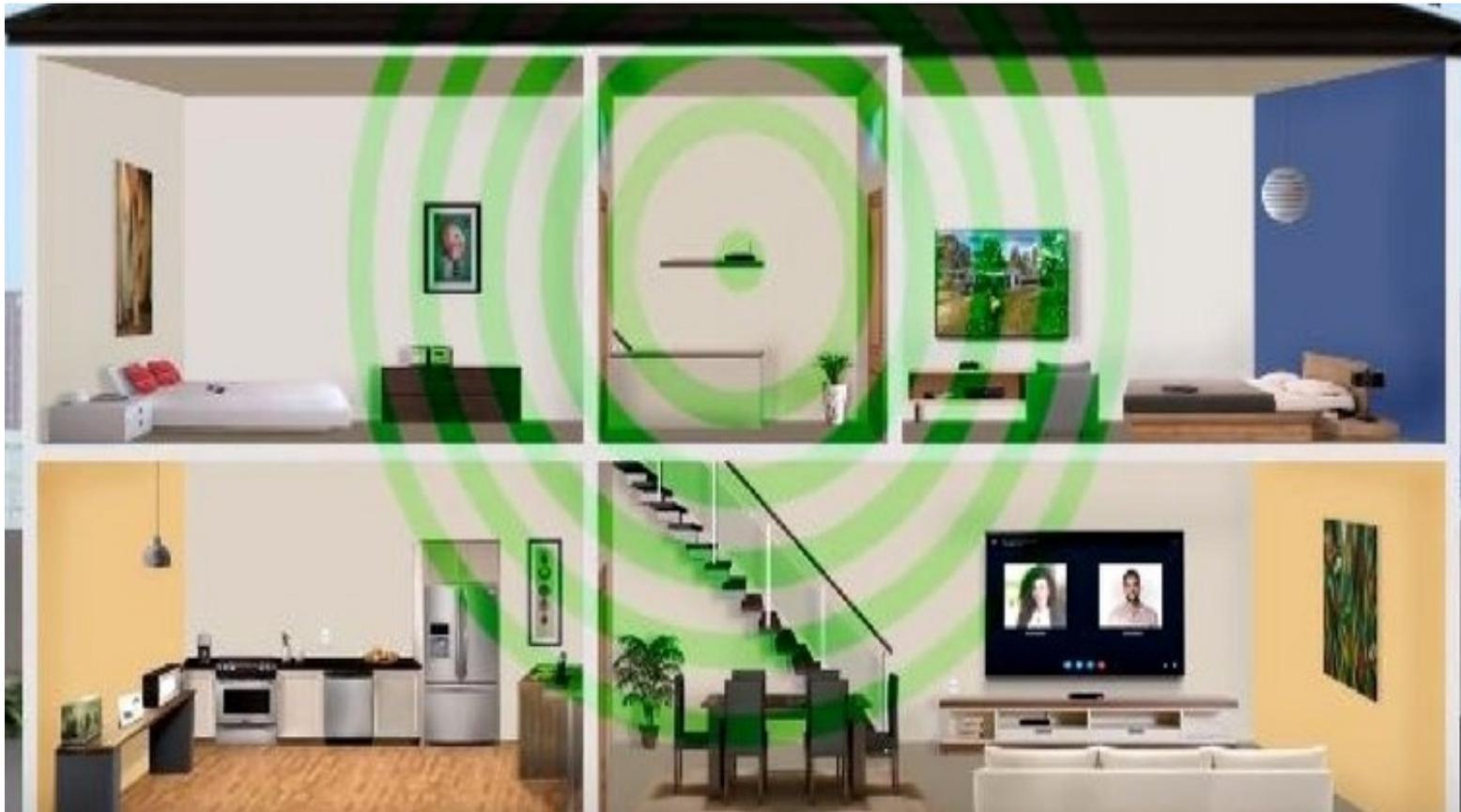
- Ondas mecânicas
 - Exemplo: formação da voz humana
- Ondas eletromagnéticas;
 - Exemplo: sinal de Wi-Fi



Esquema da seção transversal interna (de perfil lateral) do nariz, boca e pescoço.

No topo, a cavidade nasal, abaixo a cavidade oral, abaixo a língua. Na esquerda, de cima para baixo: o nariz, a boca aberta por onde sai a voz e abaixo o queixo. A voz é representada por linhas vermelhas semicirculares igualmente espaçadas, crescentes para esquerda, a partir da boca. Na direita a cavidade nasal encontra a cavidade oral e desce para as pregas vocais (destacadas por um círculo vermelho), por onde o ar sobe ao falarmos.

Abaixo, na direita, os pulmões. Setas brancas indicam o fluxo de ar saindo dos pulmões para a cavidade que sobe pela boca e o nariz. Acima das cordas vocais, escrito som.



Visão esquemática da configuração de uma casa de dois andares. No canto inferior esquerdo a cozinha; ao lado direito após a divisão da parede, sala de jantar conjugada com sala de TV; e ao fundo centralizado, as escadas para o segundo piso. No canto superior esquerdo, um quarto; ao lado, após a divisão da parede, um corredor central com passagem para escadas que dão no primeiro piso; e ao lado direito, após a divisão da parede, um quarto. O aparelho de Wi-Fi localizado no segundo piso no corredor central. E faixas circulares na cor verde claro, a partir do aparelho de Wi-Fi, concêntricas e de forma crescente

Quanto à direção de propagação da onda:

- Onda transversal e
- Onda longitudinal;

Vídeo:

**Onda transversal e longitudinal
com audiodescrição e libras**

<https://www.youtube.com/watch?v=gCE3P2oh1Bw>

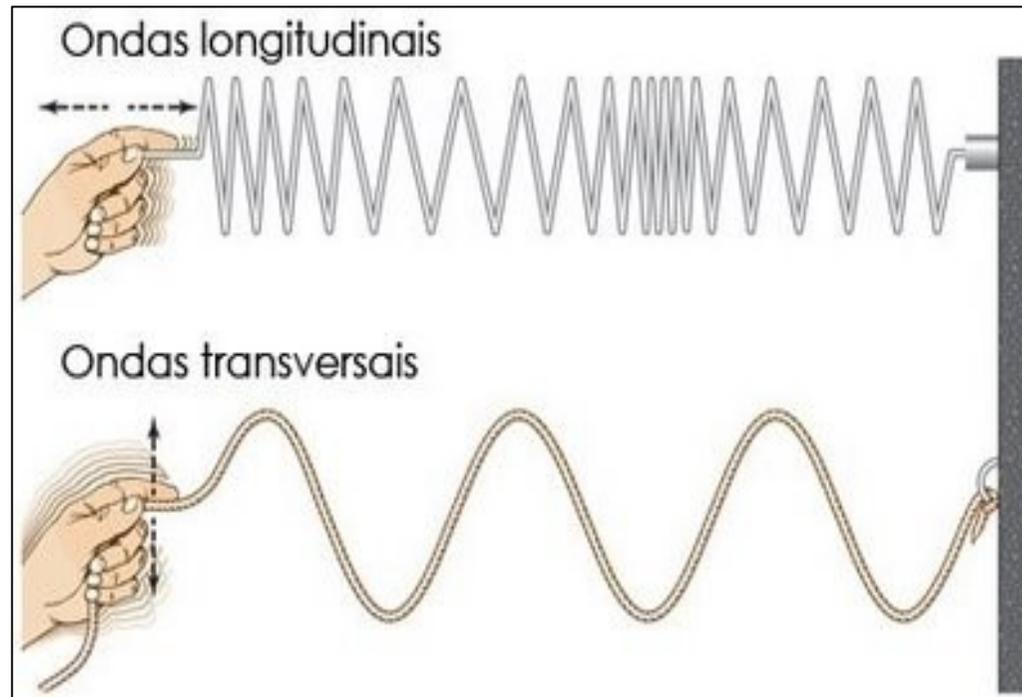


Imagem composta por dois instantes de oscilações, para duas situações físicas de perturbação no meio de origens diferentes. No topo escrito ondas longitudinais. Abaixo, mola esticada na horizontal. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para esquerda e direita. No lado direito da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para lateral. Na extremidade direita da mola, um suporte cinza por onde ela está presa. A mola é representada por desenho de zig zag com espaçamentos distintos, próximo à mão (na extremidade esquerda) e um pouco depois do centro, o zig zag mais encolhido. E no restante da mola, o zig zag mais espaçado. Abaixo escrito ondas transversais. Abaixo, corda disposta na horizontal com uma ondulação para cima e uma para baixo, e mais duas sequência desta repetida, da esquerda para direita. Na extremidade esquerda uma mão segura a mola, acima a indicação de uma seta apontando para cima e para baixo. Em cima e em baixo da mão, linhas contornando os dedos indicam movimentos para cima e para baixo. Na extremidade direita da corda, um suporte cinza por onde ela está presa.

Quanto ao número de dimensões de propagação de energia:

- Ondas unidimensionais,
- Ondas bidimensionais e
- Ondas tridimensionais.

Grandezas relacionadas

- **Amplitude (A):** deslocamento máximo em relação à posição de equilíbrio e uma crista ou um vale, de uma onda. Quanto maior a amplitude de uma onda mais energia ela transportará, ou seja, amplitude está diretamente relacionada ao transporte de energia.
- **Comprimento de onda (λ):** é a distância entre duas partes idênticas e consecutivas de uma onda, que se encontram na mesma posição. Por exemplo, a distância entre as duas cristas ou vales da onda.

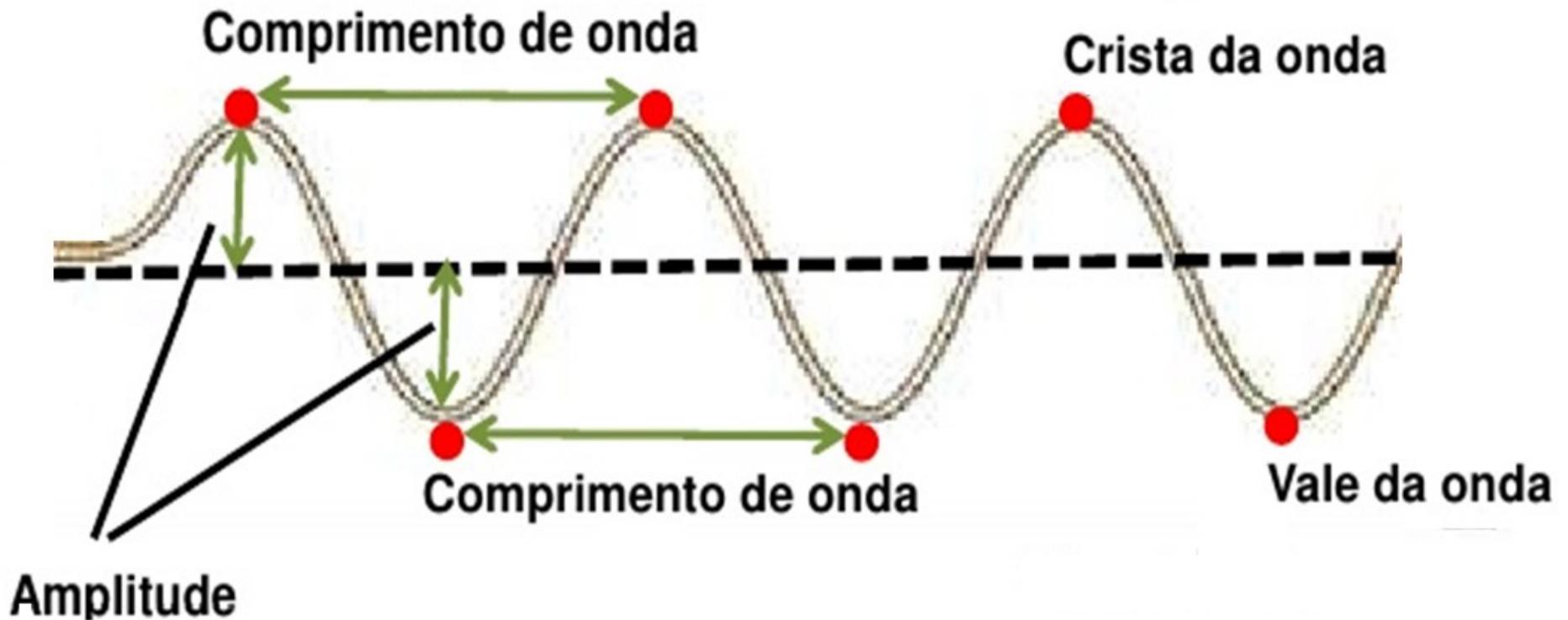


Imagem de um instante da oscilação de uma onda, numa corda cinza. Da esquerda para direita, sequencialmente na horizontal: um pico de oscilação para cima e um para baixo, ao lado duas repetições. Uma reta horizontal tracejada preta cruza a linha central da oscilação. Nos três pontos mais altos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito acima “Crista da onda”. Nos três pontos mais baixos da oscilação, um ponto vermelho; e no terceiro, escrito abaixo “Vale da onda”. Uma seta verde na vertical da linha central até a primeira crista e outra seta verde na vertical da linha central até o primeiro vale, com a indicação escrita “Amplitude”. Uma seta verde na horizontal da primeira até a segunda crista, acima escrito “Comprimento de onda”. Outra seta verde na horizontal do primeiro até o segundo vale, abaixo escrito “Comprimento de onda”.

Grandezas relacionadas

- **Período (T):** tempo de duração de uma oscilação completa, isso quer dizer que em um comprimento de onda, teremos o período, que ocorrerá em um intervalo de tempo específico. Por exemplo, o período para Terra realizar uma volta completa em torno do Sol é denominado ano: 365 dias (movimento de Translação). A unidade do período no Sistema Internacional de Unidades (SI) é o segundo (s).
- **Frequência (f):** grandeza escalar correspondente ao número de vezes em que uma onda se repete por unidade de tempo. Por exemplo, no slide anterior são observados a realização três ciclos (considerando o ponto inicial o ponto mais a esquerda sobre a linha central de propagação), isso significa que a onda se repete três vezes. Se o tempo gasto para isso é 1 s, a frequência é 3 Hz (Hertz, Unidade no SI).

Equações

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t}$$

- Onde n é o número de repetições do movimento em um determinado intervalo de tempo (Δt).

- Reescrevendo:

$$T = \frac{1}{f} \quad \text{ou} \quad f = \frac{1}{T}$$

- Frequência (f) e Período (T) são grandezas inversamente proporcionais, ou seja, quanto maior a frequência de uma onda, menor o seu período (e vice-versa).

Velocidade de propagação da onda

É a agilidade com que a onda se propaga em um meio específico, e está relacionada a distância percorrida por intervalo de tempo. É calculada pelo deslocamento em um determinado tempo, dado pelo comprimento de onda λ por período T .

$$v = \frac{\lambda}{T}$$

Onde:

λ = comprimento de onda em metro (m)

v = frequência em metro por segundo (m/s)

T = período em segundos (s)

Reescrevendo T em função de f , determinamos a **Equação fundamental da onda:**

$$v = \lambda \cdot f$$

Exemplo

Uma pessoa do lado de fora de uma piscina emite uma onda sonora com a frequência igual a 680 Hz. Uma nadadora que está mergulhada na piscina consegue ouvir o som emitido pela pessoa fora dela. (a) Considerando 340 m/s a velocidade do som no ar, determine a distância (comprimento de onda) entre duas frentes de onda no ar. (b) Qual o período dessa onda sonora?

Relações conhecidas:

$$\text{Período: } T = \frac{\Delta t}{n} \text{ ou } T = \frac{1}{f}$$

$$\text{Frequência: } f = \frac{n}{\Delta t} \text{ ou } f = \frac{1}{T}$$

$$\text{Velocidade: } v = \frac{\lambda}{T} \text{ ou } v = \lambda \cdot f$$

a) Temos a velocidade: 340 m/s e a frequência da onda: 680 Hz.

Aplicando a equação fundamental da ondularia, temos:

$$V = \lambda \cdot f \rightarrow 340 = \lambda \times 680$$
$$\frac{340}{680} = \lambda \rightarrow \lambda = 0,5 \text{ m}$$

b) Sabemos que o período é o inverso da frequência :

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{680} \cong 0,0015 \text{ s}$$

Relações conhecidas:

Período: $T = \frac{\Delta t}{n}$ ou $T = \frac{1}{f}$

Frequência: $f = \frac{n}{\Delta t}$ ou $f = \frac{1}{T}$

Velocidade: $v = \frac{\lambda}{T}$ ou $v = \lambda \cdot f$

Alguns fenômenos ondulatórios

Reflexão

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso incide sobre um obstáculo e retorna ao meio incidente de propagação.

- Reflexão do pulso em uma corda com:
 - Extremidade móvel
 - Extremidade fixa

Extremidade móvel

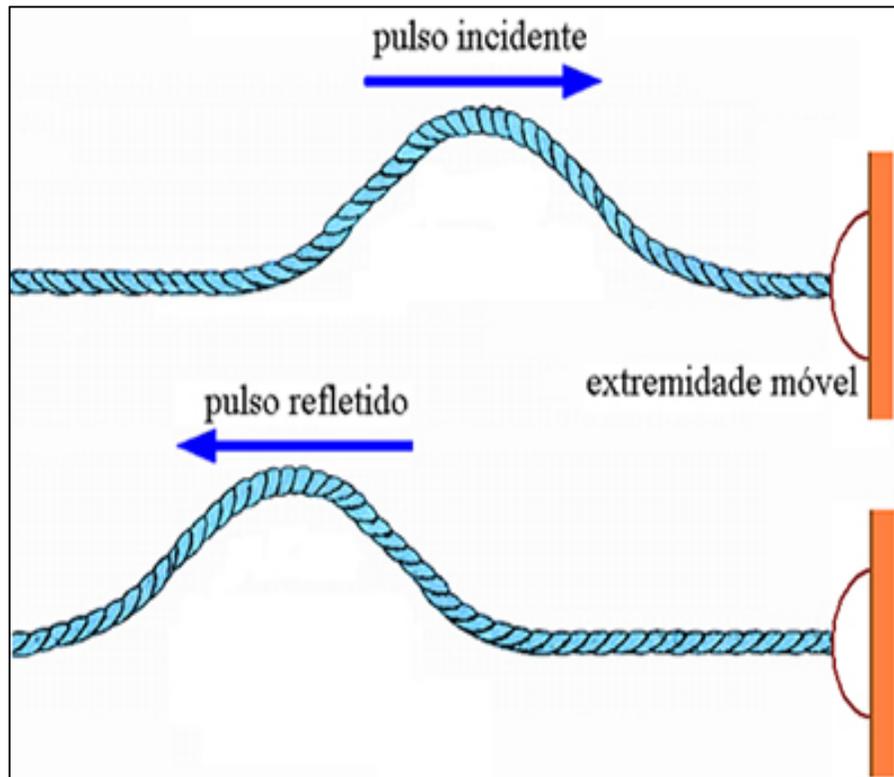


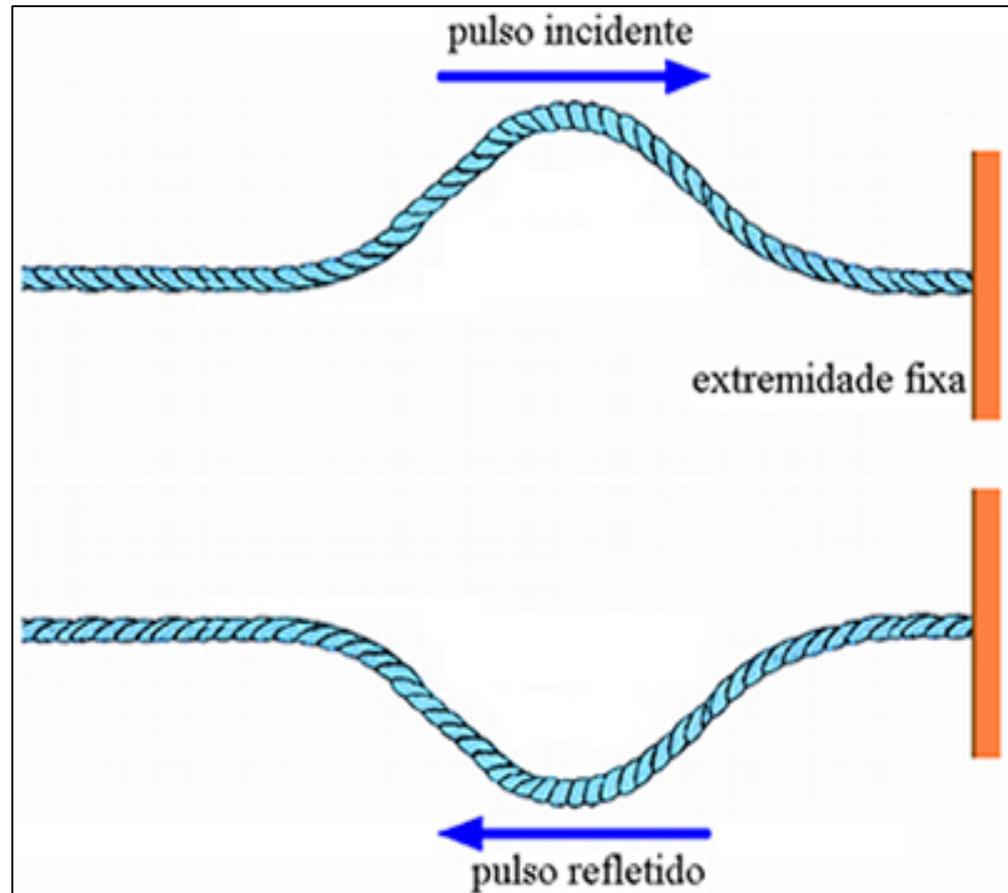
Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa por uma argola numa base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base móvel laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

Extremidade fixa

Imagem de uma corda azul esticada na horizontal, com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da extremidade esquerda para a direita, onde está presa numa base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para direita, acima do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem da corda azul esticada na horizontal, com um pulso refletido (uma ondulação para baixo) se movendo da extremidade direita para a esquerda, após ter passado pela base fixa laranja. Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso refletido.

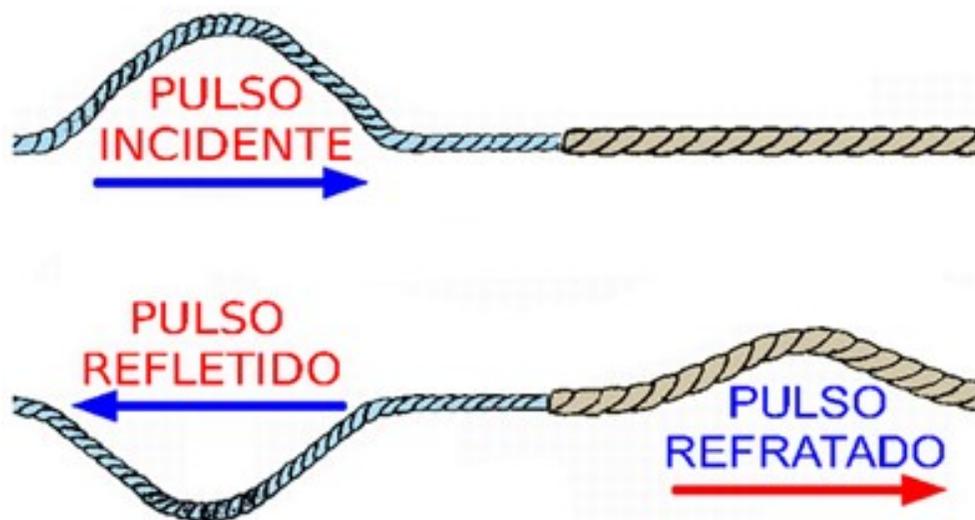


Refração

Fenômeno que ocorre quando uma onda ou pulso que se propaga e se depara com a mudança do meio.

- Refração do pulso ao mudar de:
 - Uma corda menos densa para mais densa
 - Uma corda mais densa para menos densa

Corda menos densa para mais densa



Disposta na horizontal, a imagem de uma corda fina (menos densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda mais grossa (mais densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, disposta na horizontal, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para baixo) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma leve ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para direita.

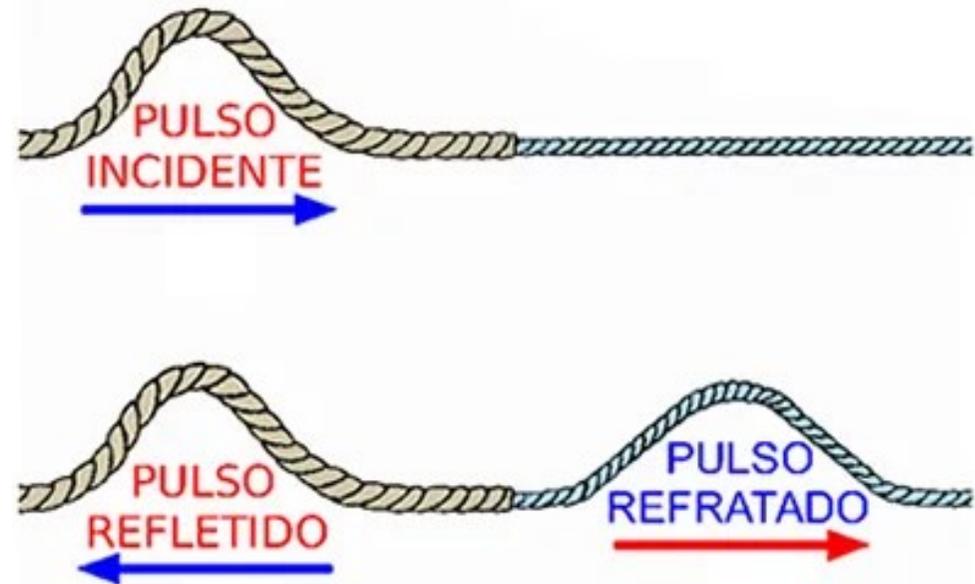
Uma seta azul escura direcionada para esquerda, acima do pulso refletido, indica sua direção da propagação. E uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

Corda mais densa para menos densa

Disposta na horizontal, a imagem de uma corda mais grossa (mais densa) com um pulso incidente (uma ondulação para cima) se movendo da esquerda para a intercessão com uma corda fina (menos densa). Uma seta azul escura direcionada para direita, abaixo do pulso, indica a direção da propagação do pulso incidente.

Abaixo, a imagem de um pulso refletido (uma ondulação para cima) na corda grossa, se movendo do ponto de intercessão para esquerda. E um pulso refratado (uma ondulação para cima) na corda fina, se movendo do ponto de intercessão para direita.

Uma seta azul escura direcionada para esquerda, abaixo do pulso refletido, indica sua direção da propagação. Uma seta vermelha direcionada para direita, abaixo do pulso refratado, indica sua direção da propagação.

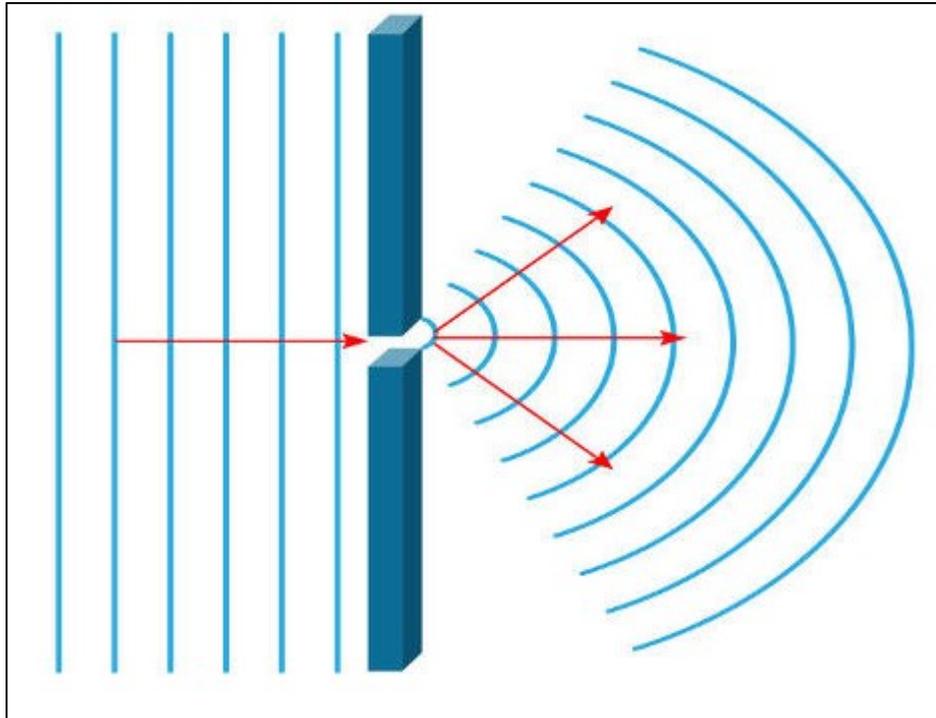


Difração

A capacidade de a onda contornar certo orifício/obstáculo.

- Para que ocorra difração é necessário que o tamanho da fenda ou obstáculo seja **comparável** ao comprimento de onda; porém, se o comprimento do obstáculo for muito maior que o comprimento de onda, **não ocorrerá** difração.
- Portanto, quanto menor o comprimento da onda em relação ao tamanho do objeto ou do obstáculo a ser atingido, menor será a capacidade de contorná-lo.

Comportamento da onda ao passar por uma fenda



□ Representação do Fenômeno de difração

Da esquerda para direita: Linhas azuis na vertical, igualmente espaçadas; Faixa grossa azul escura na vertical (representa uma barreira) com um espaço pequeno no meio (representa uma fenda); Linhas azuis circulares igualmente espaçadas, crescentes a partir da fenda.

Uma seta vermelha na esquerda da fenda, apontando para fenda, indica a direção de propagação da onda incidente.

Três setas vermelhas à direita da fenda: a primeira apontando para o nordeste, a segunda para o leste e a terceira para o sudeste; indicam a direção de propagação das ondas circulares.

Interferência

É o fenômeno que ocorre durante o encontro de duas ou mais ondas de mesma natureza, simultaneamente, que estão se propagando em um mesmo meio.

- Vamos estudar:
 - Interferência construtiva
 - Interferência destrutiva

Interferência construtiva

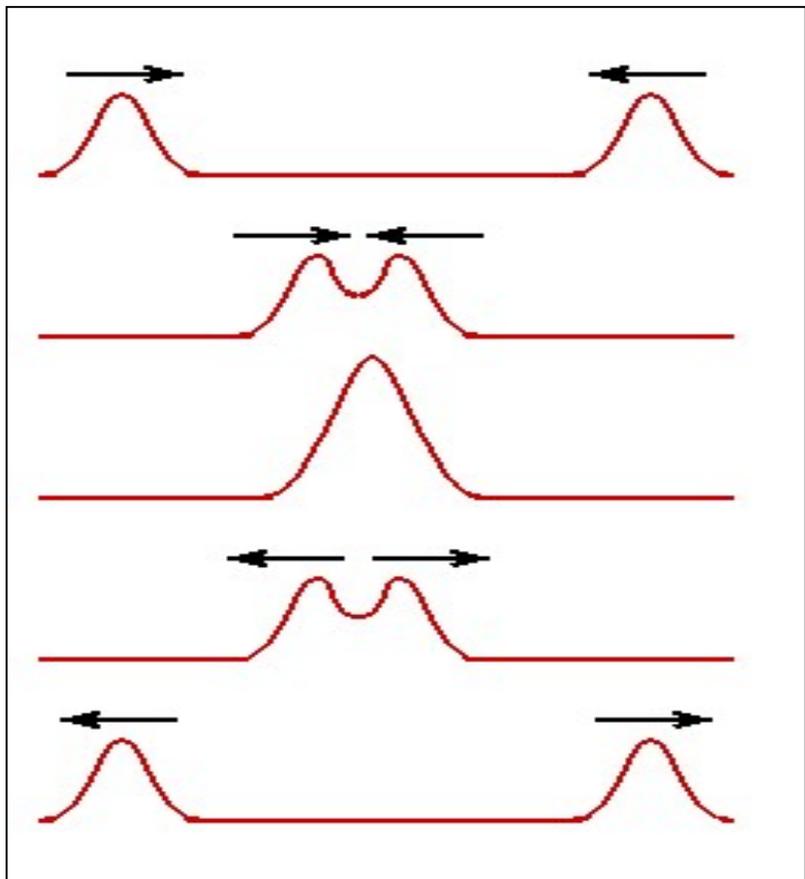


Imagem composta por cinco momentos da propagação de dois pulsos em uma corda vermelha, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.

Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta acima apontada para direita; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta acima apontada para esquerda.

Abaixo, a mesma configuração de pulsos e setas, posicionados mais próximos do centro da corda.

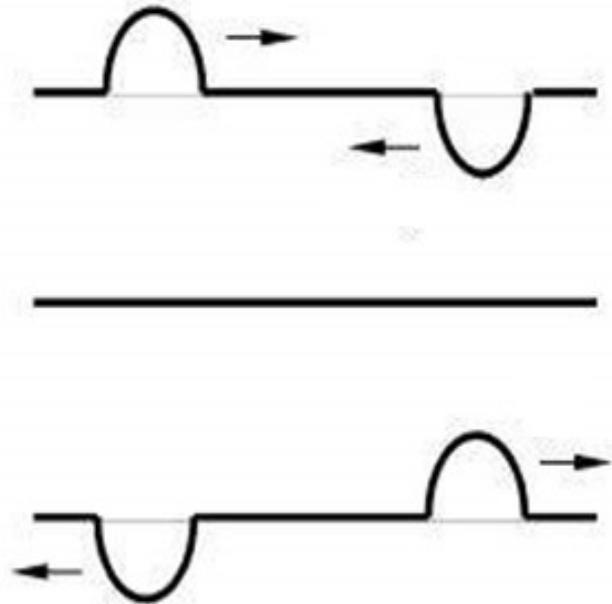
Na terceira imagem, uma corda esticada na horizontal, com um único pulso dobrado (ondulação para cima) no centro, sem a presença de setas.

Na quarta imagem, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima) um pouco afastados do centro. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Abaixo, uma corda esticada na horizontal, com dois pulsos (ondulações para cima), um em cada extremidade. Acima do pulso da direita, uma seta preta apontada para direita; e acima do pulso da esquerda, uma seta preta apontada para esquerda.

Interferência destrutiva

Imagem composta por três momentos da propagação de dois pulsos em uma corda preta, dispostos um abaixo do outro, sequencialmente.



Na primeira, a corda esticada na horizontal com: um pulso (ondulação para cima) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para direita; e um pulso (ondulação para baixo) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para esquerda.

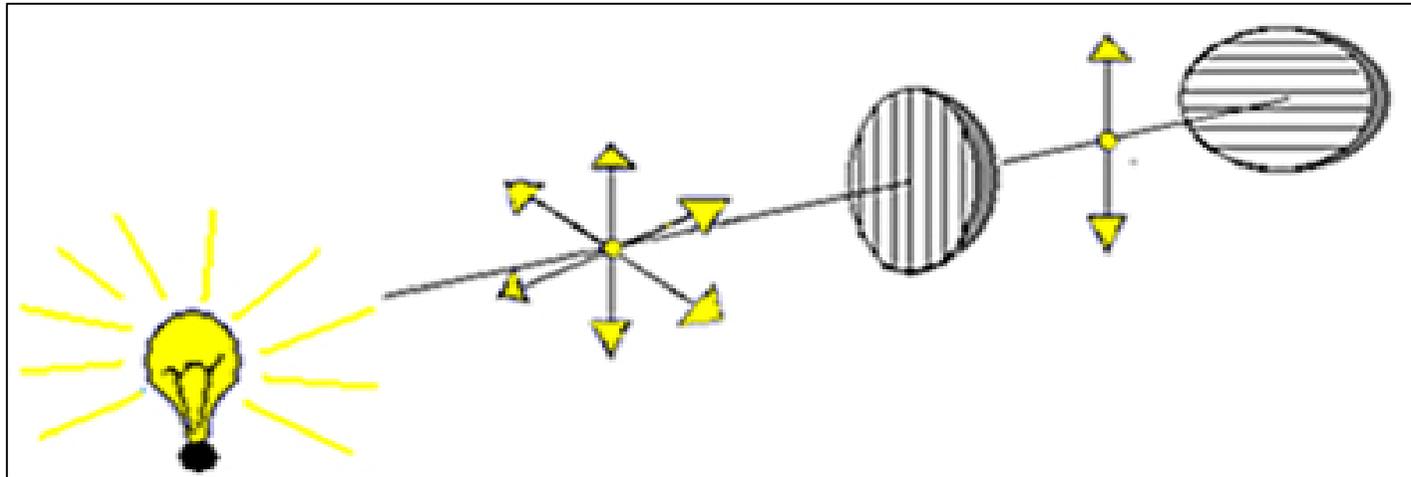
Abaixo, a corda esticada na horizontal, sem a presença de setas.

Na terceira imagem, a corda esticada na horizontal, com: um pulso (ondulação para baixo) na extremidade esquerda e uma seta ao lado apontada para esquerda; e um pulso (ondulação para cima) na extremidade direita e uma seta ao lado apontada para direita.

Polarização

- **Polarizar** uma onda significa orientá-la em uma única direção (fazê-la vibrar em apenas uma direção) ou plano através da passagem em um dado meio, chamado de polarizador.
- A **polarização** é uma característica das ondas transversais, pois como foi estudado sabe-se que uma onda transversal é aquela que possui várias direções transversais de vibração, relativamente à direção da propagação;

❑ Exemplo do uso de polarizadores



Na esquerda, desenho de lâmpada acesa de cor amarela, com retas saindo dela para todas as direções.

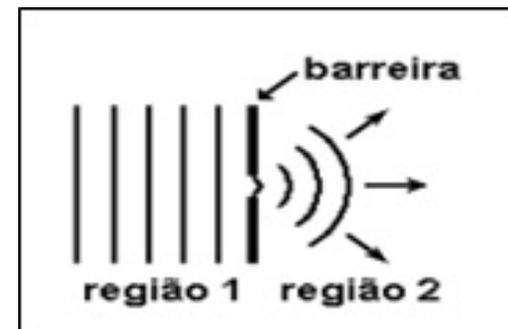
Ao lado direito sobre uma linha reta cinza, levemente inclinada para o nordeste, quatro desenhos dispostos em sequência: Primeiro, setas amarelas radiais partem do ponto central para todas as direções, representa a luz não polarizada; Segundo, na cor cinza, círculo com retas na vertical no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção vertical; Terceiro, uma seta amarela parte do ponto central e aponta para cima e para baixo, representa a luz polarizada na vertical; Por último, na cor cinza, círculo com retas na horizontal no interior, igualmente espaçadas, representa o polarizador na direção horizontal.

Vamos testar
nossos conhecimentos...?

Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

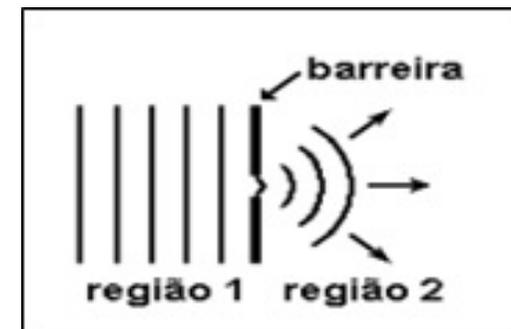
- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 1

(Unesp 2004) A figura abaixo representa esquematicamente as frentes de onda de uma onda reta na superfície da água, propagando-se da região 1 para a região 2. Essas regiões são idênticas e separadas por uma barreira com abertura. A configuração das frentes de onda observada na região 2, que mostra o que aconteceu com a onda incidente ao passar pela abertura, caracteriza o fenômeno da?

- absorção.
- difração.
- polarização.
- refração.



Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 2

(UEMG/2013) Jonas estava na sala de sua casa, que ficava perto de uma escola. Ao ouvir sons vindos da escola, ele concluiu que as ondas sonoras que vinham pelo ar, atingindo e atravessando o vidro, propagavam-se novamente pelo ar até atingir os seus tímpanos. Na passagem do ar para o vidro e do vidro para o ar, as ondas sonoras vindas da escola certamente não sofreram alteração de:

- frequência.
- velocidade.
- comprimento de onda.
- amplitude.

Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

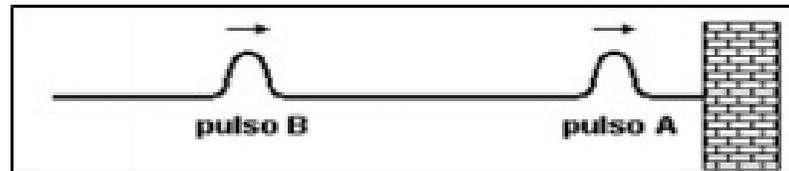
Questão 3

(UCS – RS) A velocidade de uma onda na água depende da profundidade da água na região em que ela se encontra: quanto maior a profundidade, maior a velocidade da onda. A mudança de velocidade das ondas devido à mudança de características no meio de propagação é conhecida como

- difração.
- interferência.
- refração.
- batimento.
- timbre.

Questão 4

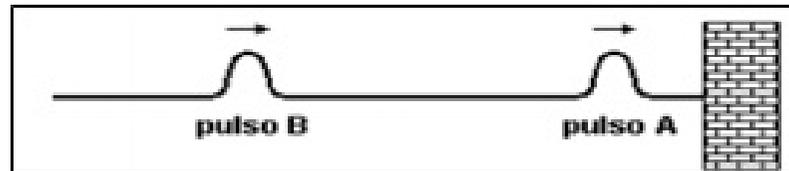
(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 4

(UFSCAR-SP) Dois pulsos, A e B, são produzidos em uma corda esticada, que tem uma extremidade fixada numa parede, conforme a figura. Quando os dois pulsos se superpuserem, após o pulso A ter sofrido reflexão na parede, ocorrerá interferência:



- construtiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- construtiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.
- destrutiva e, em seguida, os pulsos deixarão de existir, devido à absorção da energia durante a interação.
- destrutiva e, em seguida, os dois pulsos seguirão juntos no sentido do pulso de maior energia.
- destrutiva e, em seguida, cada pulso seguirá seu caminho, mantendo suas características originais.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 5

(UEPB/2011) Em 12 de Janeiro de 2010 aconteceu um grande terremoto catastrófico na região de Porto Príncipe, capital do Haiti. A tragédia causou grandes danos à capital haitiana e a outros locais da região. Sendo a maioria de origem natural, os terremotos ou sismos são tremores causados por choques de placas subterrâneas que, quando se rompem, liberam energia através de ondas sísmicas, que se propagam tanto no interior como na superfície da Terra. Uma onda sísmica pode ser classificada também como longitudinal ou transversal. A respeito dessa classificação, analise as proposições a seguir, e selecione apenas as afirmações verdadeiras.

- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda longitudinal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é igual à direção de propagação da onda.
- Na onda transversal, a direção em que ocorre a vibração é diferente da direção de propagação da onda.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 6

(UFMG/2004) O muro de uma casa separa Laila de sua gatinha. Laila ouve o miado da gata, embora não consiga enxergá-la. Nessa situação, Laila pode ouvir, mas não pode ver sua gata, POR QUE:

- a onda sonora é uma onda longitudinal e a luz é uma onda transversal.
- a velocidade da onda sonora é menor que a velocidade da luz.
- a frequência da onda sonora é maior que a frequência da luz visível.
- o comprimento de onda do som é maior que o comprimento de onda da luz visível.

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 7

Uma onda pode:

- transportar energia
- transportar matéria
- transportar matéria e energia
- nenhuma das alternativas

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Questão 8

As grandezas relacionadas a uma onda são: frequência, comprimento, velocidade de propagação. Quais das grandezas citadas dependem exclusivamente da fonte emissora?

- amplitude e frequência
- amplitude e velocidade
- amplitude e comprimento de onda
- velocidade e comprimento de onda
- frequência e comprimento de onda

Referências

- ALBERTO, G. Compreendendo a física. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.
- RAMALHO, F. GILBERTO; N. TOLEDO; P. A. Os fundamentos da Física. 11 ed. São Paulo: Editora Moderna, 2015.
- HALLIDAY, D. Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica. 8ª. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 2, 2008.
- Representação Gráfica da Amplitude (A) e do Comprimento de Onda (λ) de uma onda, adaptada de: <https://image.slidesharecdn.com/ondassite-110827100007-phpapp01/95/ondas-site-5-728.jpg?cb=1314439900>
- SANTOS, Bianca Martins, Vídeo (2 min e 56 s). Onda transversal e longitudinal com audiodescrição e libras. <https://youtu.be/gCE3P2oh1Bw>
- Figura do Esquema sobre a formação da voz humana, adaptado de: <http://francielelorryfonseca.blogspot.com/p/saude-vocal.html>
- Figura de Representação do sinal de wi-fi em uma casa: <https://www.minhaoperadora.com.br/wp-content/uploads/2018/04/Algar-Wifi.jpg>
- Figura de Ondas Transversais e Longitudinais: <http://www.explicatorium.com/images/cfq-8/ondas-longitudinais-transversais.jpg>

- Figura de reflexão com extremidade móvel:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/reflexao-sem-inversao-de-fases.jpg>
- Figura de reflexão com extremidade fixa:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/ffe9f7e566a51a55c18a0983f3bdaeed.jpg>
- Figura de refração em uma corda menos densa para mais densa, adaptado de:
https://static.preparaenem.com/conteudo_legenda/7ee028f25caa2f2e619a519cc7b1f361.jpg
- Figura de refração em uma corda mais densa para menos densa, adaptado de:
<https://static.preparaenem.com/conteudo/images/pulso-refratado.jpg>
- Figura de difração: <https://s5.static.brasescola.uol.com.br/img/2017/09/difracao-fenda-pequena.jpg>
- Figura de interferência construtiva:
<https://www.if.ufrj.br/~bertu/fis2/ondas1/Image107.gif>
- Figura de interferência destrutiva, adaptada de:
https://images.educamaisbrasil.com.br/content/banco_de_imagens/guia-de-estudo/D/interferencia.JPG
- Figura de polarização:
<https://s1.static.brasescola.uol.com.br/be/conteudo/images/Onda%20luminosa%20sofrendo%20polarizacao.jpg>