



série
conhecimento

A Física e os Sons que (Não) Estão à Nossa Volta

Volume 1

Danila Ribeiro Gomes
Paulo Ricardo da Silva Simão
Mayara Romagnha Brandenburg
Lara Braga de Oliveira
Ana Karine Vieira Costa

44

cead^{UFV}

 **série
conhecimento**

Campus Universitário, s/n. - Viçosa/MG.
CEP: 36570-900 - Telefone: (31) 3612 1251
e-mail: serie.conhecimento@ufv.br

A **Série Conhecimento** é uma publicação seriada e on-line, editada pela Coordenadoria de Educação Aberta e a Distância, por tempo indeterminado e de forma independente, tratando de assuntos e temas variados, com o objetivo de constituir material de apoio a disciplinas do ensino médio, dos cursos técnicos, dos cursos de graduação e dos programas de pós-graduação lato sensu e stricto sensu, nas modalidades presencial e a distância, da Universidade Federal de Viçosa (UFV).

Conselho Editorial: Donizete Aparecido Batista; Eduardo França Castro; Esther Giacomini Silva; Francisco de Assis de Carvalho Pinto; João Paulo Viana Leite; Renata Cassia Campos; Vinicius Catão De Assis Souza

Autores:  Danila Ribeiro Gomes,  Paulo Ricardo da Silva Simão,  Mayara Romagnha Brandenburg,  Lara Braga de Oliveira e  Ana Karine Vieira Costa

Identidade Visual e diagramação: Antônio dos Santos e Maianna Medeiros

Coordenação Editorial: Pedro Eni Lourenço Rodrigues

Ilustração da Capa: *GarryKillian on Freepik*

Este é o primeiro volume desta obra, para acessar os outros volumes, basta clicar sobre as capas abaixo.



Responsabilidade legal pelo conteúdo, direitos autorais e incentivo à reprodução

Todo o conteúdo dos textos submetidos e publicados na Série Conhecimento é de inteira responsabilidade de seus autores, não cabendo à Série responder por qualquer implicação legal.

Como todo o conteúdo publicado pela Revista é de acesso público e gratuito, tendo como finalidades o debate e a divulgação ampla do conhecimento, é permitida e incentivada sua reprodução com fins exclusivamente educacionais, culturais, científicos e não-comerciais, desde que citados seus autores com a referência bibliográfica completa da publicação na Série Conhecimento.



Este obra está licenciado com uma Licença
Creative Commons Atribuição Não Comercial Compartilha Igual 4.0 Internacional.

Prefácio

O presente *e-book* é um dos produtos do projeto de pesquisa em ensino “Observatório Remoto Ciências, Linguagens e Diversidade: subsídios inclusivos para processos de ensino e aprendizagem contextualizados de Física e Matemática com uso de TDICs”, financiado pelo Programa de Apoio ao Ensino da Fundação Arthur Bernardes, sob o Edital de Seleção Nº 010/2020/PRE/UFV. Ele teve como alguns de seus objetivos: (i) oferecer subsídio para estudantes, ex-estudantes e público externo da UFV na forma de materiais didáticos digitais de Física, valorizando linguagens e culturas diversas mediante a articulação entre a linguagem científica, as diversas linguagens oriundas dos saberes populares, a linguagem da divulgação científica, e outras que incorporam culturas diversas e seu diálogo com as ciências; (ii) incentivar a inclusão digital, mediante participação dinâmica, individual e coletiva, do público-alvo na construção do conhecimento e da aprendizagem, de forma interdisciplinar e articulada com diferentes Tecnologias Digitais da Informação e Comunicação (TDICs); (iii) incentivar e promover, nas ações e nos produtos do projeto, a inserção e adequação de elementos de acesso por pessoas com deficiência, especialmente pessoas Surdas que se comunicam por meio de língua de sinais, envolvendo, inclusive, a posterior elaboração dos produtos em Libras.

O projeto nasce a partir de demandas de estudantes do curso de Licenciatura em Educação do Campo – Ciências da Natureza da Universidade Federal de Viçosa (Licena), sob uma perspectiva de trabalho colaborativo entre docente e estudantes, para uso no componente curricular “Ciências da Natureza – a Física e suas tecnologias para a Educação do Campo II”, em futuras consultas de docentes formados e em formação inicial, e em ações futuras de formação docente continuada. Ele começou a ser elaborado durante os Períodos Especiais Remotos (PER), oferecidos pela Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 2020 e 2021 por ocasião da pandemia de covid-19.

A Licena atende uma expressiva gama de diversidade de sujeitos: pessoas que atuam em escolas do Campo e com educação popular, pessoas que trabalham no Campo, quilombolas, pessoas pertencentes a comunidades atingidas por rompimento de barragens, membros de organizações do Campo, povos classificados como indígenas, ribeirinhos, geraizeiros, assentados da Reforma Agrária, dentre outros.

O projeto concebeu o sistema educacional como um sistema social marcado pela complexidade de relações dinâmicas entre sujeitos diversos. Numa perspectiva investigativa que intentou minimizar perdas na complexidade desse sistema, entendemos que os sujeitos protagonistas não podem ser tomados separados da rede de relações da qual fazem parte (Vygotsky et al., 1988; Leontiev 1988; Engeström, 2002). Por isso, nos sujeitos que constituem o público-alvo da Licena é que foi inspirada a construção deste *e-book*. Sua concretização foi realizada com três representantes desses sujeitos e mais uma estudante dos cursos de Física da UFV, que fizeram parte da equipe autora.

As ações e os produtos do projeto foram voltados à contribuição de uma reparação histórica da desigualdade social que persiste em relação a estudantes no que tange à educação

científica. Com isso em mente, amparando-se na proposta freiriana de educação problematizadora (Freire, 1987), o projeto do *e-book* pretendeu, a partir de situações-problema e temas geradores identificados na experiência formativa na Licença em componentes curriculares de Física, oferecer a estudantes aporte para estudo da Física com orientação inclusiva, tendo como foco instrumental a mobilização das TDICs.

Para tanto, a estrutura do *e-book* foi construída por meio de quadros, distribuídos em 18 unidades. O primeiro é a “Situação-Problema”, que buscou contribuir para a reflexão crítica sobre uma situação-problema eleita para conduzir o tema da Ondulatória e Acústica: as implicações da ausência de audição em pessoas Surdas que vivem em uma sociedade majoritariamente ouvinte. Esse quadro é desdobrado em várias perguntas geradoras que problematizam aspectos de inclusão social ao longo do estudo dos tópicos de conteúdos de Física. Elas foram elaboradas para serem propostas no início das unidades, uma para cada unidade, e para suas respostas serem retomadas e ressignificadas no fim de cada unidade. Semelhantemente foram planejadas as perguntas do quadro “Como se *Justifísica*”, que se referem a fenômenos físicos relacionados ao funcionamento de um artefato muito presente nas culturas camponesas, o violão. Esses fenômenos são explicados pelas leis e pelos conceitos físicos estudados, as quais são retomadas em todas as unidades. Assim, o *e-book* foi desenvolvido de forma mediada por perguntas geradoras de dois tipos: (i) sobre fenômenos físicos cotidianos (do Campo e outros âmbitos) e como explicá-los pela Física; e (ii) sobre situações-problema de exclusão de pessoas Surdas na sociedade majoritariamente ouvinte e no âmbito da educação científica, e como promover sua inclusão nesses dois contextos.

Os quadros “Universos Diversos” e “Histórias e Trajetórias” apresentam os tópicos de conteúdo de Física focando sua relação, respectivamente, com fenômenos culturais e com experiências vividas por pessoas de diversas culturas e em diferentes épocas. O quadro “Experimentando” apresenta sugestões de experimentos de Física que relacionam os tópicos de conteúdo de Física em questão. Por fim, o quadro “Alerta Fake News” apresenta exemplos de fenômenos reais explicados pela Física de forma questionável. Assim, este *e-book* não pretendeu atender somente um conjunto específico de sujeitos, mas se propõe a, tanto quanto possível, primar pela representatividade, tendo buscado contemplar uma gama de diversidades culturais, buscando incorporar a inclusão de pessoas Surdas, enquanto temática problematizadora (sobre pessoas Surdas) e enquanto público-alvo (linguagem didática semiótica pensada para atender pessoas Surdas).

À medida que o *e-book* foi sendo construído, foi também constantemente reelaborado mediante ajustes e incorporações a partir de sugestões do grupo de estudantes do componente curricular. Essas sugestões foram constantemente discutidas em sessões de *brainstorming* com integrantes da equipe autora, guiadas por duas questões: quais seriam os conteúdos básicos de Física para pessoas camponesas?; que elementos de educação inclusiva sobre e para pessoas Surdas deveriam ser contemplados?

Quanto à primeira questão, a contínua retroalimentação ocasionou um significativo ajuste: o material didático, inicialmente planejado com um formato de apostilas para tópicos de conteúdo curricular, foi se tornando mais extenso. Foi então que passou a ter formato de *e-book* e contemplar uma tríade do ensino de Física: conceitos teóricos, experimentos e fórmulas matemáticas. À medida que o *e-book* foi sendo ampliado, retroalimentava continuamente as atividades desenvolvidas no componente curricular e, ao mesmo tempo, foi se concretizando como produto dessas atividades.

Quanto à segunda questão, ao longo do processo concordamos que o *e-book* deveria contemplar dois aspectos. O primeiro é a educação inclusiva sobre pessoas Surdas, com o fim de preparar docentes para ensinarem Ondulatória e Acústica para pessoas Surdas. O segundo é a educação inclusiva para pessoas Surdas, isto é, o material teria que ser compreendido por pessoas Surdas. Isso implica apresentação do material em Libras, que se pretende como foco em momento futuro, e também a elementos semióticos e de linguagem, em tanta consonância quanto possível com a Pedagogia Visual (Campello, 2008), que toma o signo visual como base dos processos de ensino-aprendizagem. Devido sua extensão, o material foi dividido em três volumes. O presente tomo, primeiro dos três, com seis unidades, apresenta o contexto e as questões da “Situação-Problema” e do quadro “Como se *Justifísica*”, e contempla um estudo do: conceito físico de onda; Movimento Harmônico Simples; sistema fonador humano; fenômeno da ressonância ondulatória; e Princípio de Huygens.

O volume 2, também em seis unidades, compreende estudos: da classificação e estrutura das ondas; da Equação Geral da Ondulatória; do fenômeno da refração ondulatória; e do sistema auditivo humano e das qualidades sonoras e suas implicações no fenômeno psicossocial da identidade e nas manifestações socioculturais artísticas. O volume 3, com sete unidades, abrange estudos dos fenômenos físicos: da difração ondulatória; da interferência ondulatória; do efeito Doppler-Fizeau; da reflexão ondulatória na forma de eco e reverberação, contemplando o fenômeno biológico e sociocultural da ecolocalização; do funcionamento dos instrumentos musicais artificiais de corda e de tubo. Por fim, o terceiro volume conclui a obra com derradeiras reflexões acerca da situação-problema apresentada no volume 1.

Finalmente, todos os volumes apresentam três recursos: o “Conceituário Ilustrado de Física”, que apresenta conceitos físicos historicamente elaborados, adotados e apresentados no volume em questão; um quadro-resumo para as “Unidades de Medida no Sistema Internacional de Unidades (S.I.)” de todas as grandezas físicas dimensionais apresentadas nos três volumes; e um quadro-resumo com um “Formulário” contendo todas as fórmulas físicas contempladas nos três volumes. Assim, entregamos este fruto de um árduo trabalho de colaboração entre docente e discentes, com votos de que, tal qual sementes de esperança, contribua para disseminação da educação científica como elemento mediador da inclusão na sociedade.

Danila Ribeiro Gomes

Equipe autora

Danila Ribeiro Gomes é graduada em Licenciatura em Matemática pelo Centro Universitário Adventista de São Paulo (UNASP) e em Licenciatura em Física pela Universidade de São Paulo (USP), especialista em Didática do Ensino Superior pela Universidade Paulista (Unip), e mestra em ciências na área de concentração Ensino de Física pela USP. Atualmente é professora da Universidade Federal de Viçosa (UFV), atuando no curso de Licenciatura em Educação do Campo – Ciências da Natureza, com disciplinas de Física, Matemática, Libras e Estágio Curricular Supervisionado. Atualmente é doutoranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP e estagiária de pesquisa na Université Laval, Canadá.

Lara Braga de Oliveira é técnica em Controle Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais (Cefet-MG) e graduada em Bacharelado e Licenciatura em Física e mestra em Física pela UFV. Atualmente é doutoranda do Programa de Pós-Graduação em Física da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Mayara Romagnha Brandenburg é técnica em agropecuária pela Escola Família Agrícola (EFA) de Chapadinha e graduada em Licenciatura em Educação do Campo – Ciências da Natureza pela UFV.

Paulo Ricardo da Silva Simão é técnico em agropecuária pela EFA Margarida Alves e graduado em Licenciatura em Educação do Campo – Ciências da Natureza pela UFV.

Ana Karine Vieira Costa é técnica em agropecuária pela EFA Araçuaí e graduada em Licenciatura em Educação do Campo – Ciências da Natureza da UFV. Atualmente é mestranda do Programa Interunidades em Ensino de Ciências da USP.

Agradecimento

Ao coletivo da Licena e demais pessoas que apoiaram esta iniciativa e contribuíram pacientemente com ela e com a ampliação das ações de educação inclusiva.

À Pró-Reitoria de Ensino da Universidade Federal de Viçosa e à Fundação Arthur Bernardes, que apoiou a realização do projeto de pesquisa em ensino “Observatório Remoto Ciências, Linguagens e Diversidade: subsídios inclusivos para processos de ensino e aprendizagem contextualizados de Física e Matemática com uso de TDICs” mediante subsídio correspondente ao edital de seleção Nº 010/2020/PRE/UFV para atuação no Programa de Apoio ao Ensino da Fundação Arthur Bernardes – FUNARBEN.

À Universidade de São Paulo, ao Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade - ECCo, ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e à Université Laval, que respaldaram o período de estágio de pesquisa durante o qual foi concluído o processo editorial desta obra.

Sumário

1. Introdução	6
UNIVERSOS DIVERSOS: Som e Educação de Pessoas Surdas I	7
SITUAÇÃO-PROBLEMA:	9
COMO SE JUSTIFÍCA: Investigando o violão	11
2. Ondas: o que são, de onde vêm, para onde vão	13
COMO SE JUSTIFÍCA: Matematizando as notas musicais.....	14
HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Herinrich Hertz.....	15
3. Movimento Harmônico Simples (MHS).....	17
EXPERIENCIANDO: Pêndulo simples	18
4. O som e a fonação humana	20
UNIVERSOS DIVERSOS: Voz: Mudanças e Cuidados.....	22
HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Helen Keller e Anne Sullivan	25
5. O fenômeno da ressonância	26
EXPERIENCIANDO: Pêndulos ressonantes	27
EXPERIENCIANDO: Copo sonoro	27
EXPERIENCIANDO: Taça sonora	28
UNIVERSOS DIVERSOS: Música com taças e copos	29
ALERTA FAKE NEWS: A ponte de Tacoma Narrows	30
6. O princípio de Huygens	33
HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Christian Huygens.....	34
Conceituário ilustrado de Física	36
Unidades de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI)	41
Formulário	42
Referências.....	44

Introdução

Vamos começar nossos estudos acessando a matéria a seguir, que conta a história de João Paulo de Lima, um jovem autista Surdo congênito, que é amante de música sertaneja e toca violão com uma habilidade impressionante.



"Jovem surdo e autista rompe barreiras e se torna violeiro em São Carlos, SP", disponível em: <http://glo.bo/40JQUeY>

Essa inspiradora história é um exemplo da habilidade que pessoas Surdas podem desenvolver para interagir com ondas sonoras e até produzir música com instrumentos, como é o exemplo do violão, um instrumento de corda. Contudo, há uma infinidade de situações cotidianas a que pessoas ouvintes têm acesso mas pessoas Surdas não. A esse respeito, vamos ler a matéria hipotética a seguir.

"Bombeiros atendem acidentes no trevo entre Manhuaçu e Reduto"¹

No dia 11 de junho de 2020, no estado de Minas Gerais, o corpo de bombeiros atendeu duas ocorrências de colisão entre veículos na BR-262, no trevo entre Manhuaçu e Reduto. No momento de uma delas, muitas pessoas que estavam nas proximidades se assustaram e começaram a correr. Enquanto isso, um pedestre apenas ficou olhando assustado, sem entender o que estava acontecendo. Ele era Surdo. Duas instrumentistas cegas que se apresentavam na rua tocando violão e trombone de vara se assustaram a princípio. Uma pedestre cega, que também se assustou a princípio, continuou andando calmamente, guiando-se com sua bengala e pelo som das duas instrumentistas.

A situação hipotética descrita evoca uma infinidade de cenas envolvendo fenômenos sonoros que pessoas ouvintes rapidamente reconhecem, extraindo informações importantes para a tomada de decisões. É o caso das memórias auditivas acionadas por meios registrados nos vídeos a seguir.

1. Adaptado de: CRUZ, Carlos Henrique. Bombeiros atendem acidente nos trevos de Manhuaçu e Reduto. Portal Caparaó. Disponível em: <https://www.portalcaparao.com.br/noticias/visualizar/33305/bombeiros-atendem-acidentes-nos-trevo-de-manhuacu-e-reduto>.



“Som de Batida de carro - Efeito Sonoro HD | Sound Effects”, de “Sound Effects”, disponível em: <https://youtu.be/g-LBqbd2AVU>;



“Sirene de ambulância - efeito sonoro”, de “Sons diferentes para trolar”, disponível em: <https://youtu.be/EI12V5eXVsA>.

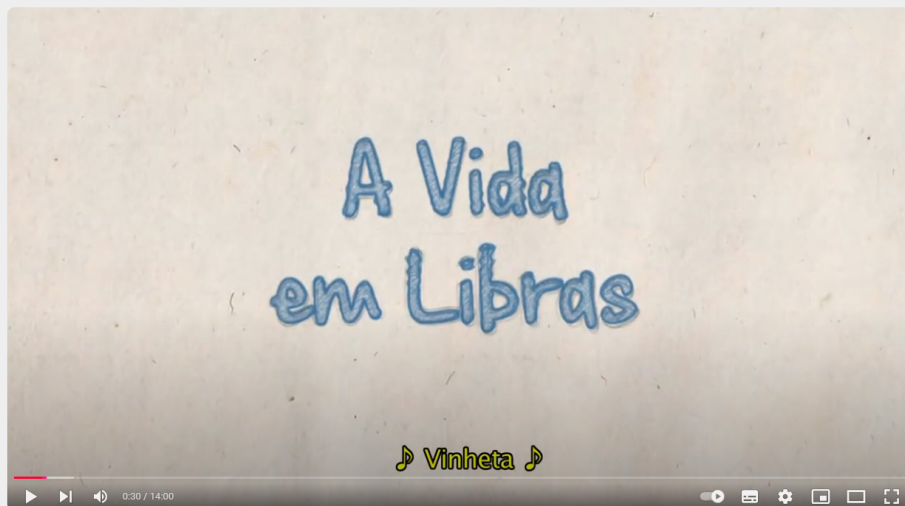
Essas situações implicam em muitos aspectos relacionados à negligência de pessoas Surdas por parte de pessoas ouvintes nas mais diversas atividades sociais, devido à falta de informação sobre as identidades e culturas Surdas. A esse respeito, vamos ler o quadro a seguir.



UNIVERSOS DIVERSOS:

Som e Educação de Pessoas Surdas I

No vídeo a seguir, o professor surdo Heveraldo Ferreira nos conta um pouco sobre a história das pessoas Surdas no mundo. Vamos conferir.



“A Vida em Libras História do Surdo”, de “IjomaTV”, disponível em: <https://youtu.be/kcVHHBQh7hM>.

A educação de pessoas Surdas no mundo passou por diferentes fases. Na antiguidade, essas pessoas eram consideradas “anormais” e, como consequência, eram marginalizadas, escravizadas, presas e isoladas. Na Roma Antiga, muitos eram sacrificadas na infância. Contudo, a partir do século XVI, pedagogos e filósofos começaram a pensar sobre formas de integrar as pessoas Surdas à sociedade.

Sendo assim, diversos professores na Europa, de maneira independente, desenvolveram diferentes métodos para estimularem a aprendizagem de pessoas Surdas, incluindo a língua de sinais e o alfabeto manual. Porém, após o Congresso Internacional de Milão, realizado em 1880 com o objetivo de discutir a educação para pessoas Surdas, o uso da língua de sinais foi proibido. No evento, concluiu-se que o método mais eficiente para a aprendizagem dessas pessoas era o oralista. É preciso ressaltar que a maior parte dos presentes no congresso era ouvinte, os organizadores eram contrários ao uso das línguas de sinais e as pessoas Surdas presentes não tiveram o direito a voto.

Por muitos anos as pessoas Surdas foram obrigadas a agir como ouvintes, oralizando e evitando usar a língua de sinais, perdendo, assim, sua identidade Surda. No século XIX, houve uma categorização do grau de surdez dos indivíduos e eles passaram a ser considerados “doentes” e “deficientes”. Já no século XX, houve uma maior preocupação com a socialização das pessoas Surdas, porém de forma *ouvintista*. O foco era prevenir e “curar” a surdez. Devido à continuação do método oralista e à cobrança escolar inferior em relação a estudantes ouvintes, oriunda de uma concepção de pessoas Surdas como incapazes, houve grande fracasso na educação dessas pessoas. Na década de 1970 foi proposta uma nova abordagem pedagógica chamada *comunicação total*, que teve como principal objetivo fazer com que a pessoa Surda pudesse se comunicar utilizando uma vasta possibilidade de recursos. Assim, as pessoas utilizavam a oralização, a língua de sinais, sinais gramaticais modificados, marcadores de elementos da língua falada, entre outros. Paralelamente, surgiram alternativas educacionais baseadas em uma educação *bilíngue*, que defende a língua de sinais como língua natural das pessoas Surdas, isto é, sua língua materna ou língua de conforto e, portanto, facilitadora de seu desenvolvimento cognitivo e comportamental. O bilinguismo também defende que as pessoas Surdas podem e devem desenvolver a língua do grupo ouvinte majoritário como segunda língua. A educação bilíngue ainda é recente, necessita de profissionais com capacitação e recursos adequados para ser efetiva.

Nos vídeos a seguir, podemos aprender um pouco sobre identidade Surda e cultura Surda com a pedagoga Alcione Justina e a poeta Catharine Moreira, ambas Surdas.



“Poeta: Catharine Moreira e Cauê Gouveia”, de “Manos e Minas”, disponível em: <https://youtu.be/gnwNDGVg0eI>;



“Você conhece os tipos de IDENTIDADE SURDA? (Fácil memorização!).”, de “Saber Libras”, disponível em: <https://youtu.be/yqNhDYhk00M>;



“O que é CULTURA SURDA” Definição SIMPLES e FÁCIL!”, de “Saber Libras”, disponível em: https://youtu.be/3e8V_EozhzE.

Ao longo da história da humanidade, as pessoas ouvintes tomaram decisões em relação à vida das pessoas Surdas, sem considerar o que elas pensavam e queriam. Ao escrever pessoa Surda com S maiúsculo, estamos demarcando as pessoas Surdas como pessoas que reconhecem sua identidade particular, seu pertencimento a uma comunidade, que têm uma cultura particular, que utilizam a língua de sinais como língua materna (língua de conforto) e que têm autonomia para participar ativamente da sociedade, assim como as pessoas ouvintes. Para os casos em que essa identificação com a cultura Surda não é demarcada, usamos a expressão “pessoas surda”, com s minúsculo, como referência genérica às pessoas que não podem ouvir. Sobre as pessoas Surdas, sua forma de expressão e as línguas de sinais, podemos refletir a partir das seguintes questões:

Como a cultura e a identidade de uma pessoa Surda se relaciona com sua língua? Uma determina a outra?

Para viajar mais nesse universo, sugerimos:

- A cultura surda e as diferentes identidades surdas. **Portal Educação**. Disponível em: <https://blog.portaleducacao.com.br/a-cultura-surda-e-as-diferentes-identidades-surdas/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- MONTEIRO, Myrna Salerno. Historia dos Movimentos dos Surdos e o Reconhecimento da LIBRAS no Brasil. **ETD - Educação Temática Digital**, Campinas, v.7, nº 2, p. 292-302, junho de 2006.
- STROBEL, Karin Lílian. A visão histórica da in(ex)clusão dos Surdos nas escolas. **Educação Temática Digital**, [s. l.], v. 7, nº 2, p. 245-254, jun. 2006.
- VYGOTSKY, Lev. Semenovich. Pensamento e linguagem. São Paulo: Martins Fontes, 1998.

Ao pensarmos sobre por que algumas pessoas começaram a correr quando ocorreu a colisão, podemos levantar as seguintes questões: Como funcionam as orelhas de pessoas ouvintes?; Elas funcionam de forma diferente para pessoas cegas?

Para o pedestre Surdo, há uma condição física que o impediu de perceber o estrondo e, logo, num primeiro momento, deixando-o alheio à situação. Para a pedestre cega, sua condição física possivelmente a impediu de sair correndo junto a outras pessoas curiosas. Assim, destacamos a **SITUAÇÃO-PROBLEMA** seguinte, de cujas questões vamos focar no presente volume as de número 1 a 6.



SITUAÇÃO-PROBLEMA:

Os sons e as imagens estão presentes na vida em inúmeras situações corriqueiras que envolvem a sobrevivência e o bem viver. Por constituírem uma diversidade minoritária, e pela falta de informação a respeito de particularidades dessas pessoas em sua interação com o mundo, pessoas Surdas e pessoas cegas são negligenciadas em muitas dessas situações. Ao mesmo tempo, pessoas cegas não surdas manifestam maior acurácia auditiva que pessoas não cegas e não surdas. No âmbito dos processos de ensino-aprendizagem de Física voltados também a essas pessoas, o estudo das ondas e do som impõe desafios particulares.

Para contribuir com superações dessa situação-problema contínua vivenciada por essas pessoas, é preciso ampliar a consciência sobre o que a habilidade de ouvir representa na vida e na sobrevivência das pessoas cegas, Surdas não cegas e ouvintes não cegas. Trata-se da realização de uma tarefa de natureza essencialmente social. Para orientar sua execução, propomos as seguintes questões de reflexão para serem retomadas sob as perspectivas física, biológica e social ao longo deste volume:

1. O que a habilidade de ouvir representa na vida e sobrevivência das pessoas ouvintes não cegas, das pessoas ouvintes cegas e das pessoas Surdas não cegas?
2. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas podem formar do conceito físico de onda?

3. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas podem formar da caracterização física das ondas?
4. Na língua portuguesa, é comum as pessoas Surdas serem chamadas de surdas-mudas. Elas são realmente mudas?
5. Quais são as condições necessárias para que os sons “existam”?
6. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas podem formar da base física para estudo das ondas?
7. A quais tipos de onda pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas não têm acesso sensorial?
8. A quais características das ondas sonoras pessoas Surdas não cegas não têm acesso?
9. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas podem formar da velocidade das ondas sonoras?
10. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas e pessoas ouvintes cegas podem formar das ondas sonoras quando se propagam na água?
11. Quais características da condição física das pessoas Surdas as impedem de ouvir?
12. Que memórias sensoriais dos sons pessoas Surdas não cegas podem formar?
13. Como pessoas Surdas não cegas podem compreender que pessoas ouvintes ouvem através das paredes?
14. Que memórias sensoriais pessoas Surdas podem formar das interferências sonoras?
15. Várias práticas sociais envolvem emoção associada a sons. Um exemplo disso é a música e as corridas de Fórmula 1. Como pessoas Surdas podem entender esse tipo de experiência que não vivenciam auditivamente?
16. Como pessoas cegas com audição muito desenvolvida se relacionam com o som em processos de localização e locomoção?
17. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas podem formar da produção de som por instrumentos de corda?
18. Que memórias sensoriais pessoas Surdas não cegas podem formar da produção de som por instrumentos de sopro?
19. O que a habilidade de ouvir e a ausência dessa habilidade representam na vida e sobrevivência, respectivamente, das pessoas ouvintes e das pessoas Surdas? Que princípios gerais e iniciativas específicas podem ser adotadas para superar a situação-problema em torno dessa questão?

Para começar com a discussão física propriamente dita, vamos desenvolver, se possível em grupo, uma atividade investigativa sobre um instrumento musical popular, o violão, a partir do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão**, a seguir. Ao longo dos três volumes vamos revisitar as respostas a essas perguntas no fim de cada unidade. No presente volume, focaremos as perguntas 1 a 6.



COMO SE JUSTIFICA: Investigando o violão



Fonte: <https://segredosdomundo.r7.com/como-aprender-tocar-violao>

A figura acima ilustra a estrutura e as partes de um violão. A partir dela e do manuseio de um violão, vamos discutir e elaborar hipóteses para responder as seguintes questões:

1. Como podemos descrever socialmente as funções de um violão pensando em pessoas ouvintes? E em pessoas Surdas?
2. Onde e como começa a produção de som no violão?
3. Como as cordas do violão se comportam ao serem vibradas?
4. Como pessoas Surdas não cegas podem comparar a produção de som que ocorre nas pregas vocais com aquela que ocorre no violão?
5. Por que a caixa do violão é oca?
6. Como as ondas se propagam no entorno das cordas do violão?
7. Por que a caixa acústica do violão tem formato em oito?
8. Desenhe ou descreva uma memória sensorial que represente a resposta à questão anterior.
9. O que acontece com as cordas do violão quando são vibradas?
10. Se o violão fosse tocado dentro d'água, haveria diferenças no som produzido? Se sim, quais?
11. O que é produzido no violão são ondas sonoras ou som?
12. Qual a diferença entre os sons produzidos pelas cordas mais grossas e mais finas do violão?
13. Por que uma pessoa ouvinte consegue ouvir os sons produzidos no violão em um ambiente mesmo estando em outro separado do primeiro por uma parede?
14. O que acontece com a percepção do som por uma pessoa ouvinte enquanto cordas idênticas de dois violões próximos são vibradas simultaneamente e enquanto a pessoa se desloca em relação a eles?
15. Imagine uma pessoa sentada tocando violão num parque enquanto duas outras

peças ouvintes estão por perto: uma está sentada e a outra passa correndo. A pessoa ouvinte sentada e aquela que está correndo ouvem de forma diferente o som produzido no violão? Se sim, qual a diferença?

16. A experiência de tocar violão é melhor em sala pequena ou grande? Por quê?
17. Por que o violão tem cordas com espessuras diferentes e braço com trastes?
18. Quais as semelhanças e diferenças entre as ondas sonoras produzidas em um violão e uma flauta?
19. Selecione uma unidade desta obra para elaborar uma estratégia de ensino-aprendizagem inclusiva para pessoas Surdas. Que critérios devem ser observados no planejamento?

Para justificar mais, sugerimos:

- ACORDES EM CORDAS. **Vibração das cordas de um violão**. [S. l.: s. n.], 2015. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://youtu.be/5ICHZjnxgTs>. Acesso em: 22 out. 2023.
- MANUAL DO MUNDO. **Como enxergar o som (série de experiências em slow motion)**. [S. l.: s. n.], 2013. 1 vídeo (4 min). Disponível em: <https://youtu.be/wD-F48ZTIHMA>. Acesso em: 22 out. 2023.
- MARCELO GUIMA. **Afinando o violão com o diapásão – Dica de ouro!**. [S. l.: s. n.], 2017. 1 vídeo (6 min). Disponível em: <https://youtu.be/A-3n1JBueFY>. Acesso em: 22 out. 2023.
- ZACZÉSKI, Monichy; BECKERT, Carlos H.; BARROS, Thales G.; FERREIRA, Ana L.; FREITAS, Thiago C. Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, nº 1, 2018. Disponível em: <https://www.scielo.br/pdf/rbef/v35n2/27.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.

Ondas: o que são, de onde vêm, para onde vão



Fonte: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/violao-colorida-cheio-de-cor-guitarrista-12102970/>.

Vamos começar nosso estudo assistindo aos vídeos a seguir.



“**Poesia (A Onda, de Manuel Bandeira)**”, de “Pra Matracar”, disponível em: <https://youtu.be/75DGS1U4DD4>.

Tanto a figura acima quanto o vídeo da declamação do poema “A onda”, do poeta pernambucano Manuel Bandeira, tratam de um fenômeno físico conhecido como **onda**². De acordo com a Física, o estrondo da colisão cuja notícia foi apresentada no início deste volume, assim como qualquer fenômeno que pessoas ouvintes percebem como som, difunde-se no ambiente em forma de **ondas sonoras**. Elas se propagam em meio fluido, geralmente, o ar atmosférico, chegando às orelhas humanas, as quais são a parte externa de nosso aparelho auditivo biológico. Mas o que são ondas?

Para responder essa pergunta, vamos assistir aos vídeos sobre as ondas do mar a seguir.



“**Ondas gigantes**”, de “Revista Época”, disponível em: https://youtu.be/sEjgaDO_cG4 (Parte 1) e <https://youtu.be/TmKycPYqi7A> (Parte 2),

Agora, para fazer a discussão do conceito físico, vamos assistir ao vídeo a seguir.



“**Tema 12 – Interferências | Experimentos – Ondas o que são como se propagam e interferência**”, de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/hOkLMLRX9SY>

Esse último vídeo apresenta o conceito físico de ondas, que podem ser entendidas como **vibrações, oscilações, pulsos** periódicos que se deslocam em um meio devido a uma perturbação ocorrida no meio de origem, e que transportam **energia**, sem transportar matéria. São exemplos de ondas os movimentos oscilatórios em uma corda chacoalhada em ritmo constante e as oscilações que ocorrem em um lago quando cai nele uma gota de água ou uma pedra. As ondas são estudadas no ramo da Física conhecido como **Ondulatória**. As ondas sonoras, em particular, são estudadas no âmbito da **Acústica**.

2. Os termos em negrito e cor rosa se referem a conceitos físicos adotados que você pode consultar no Conceituário Ilustrado de Física, no fim do volume.

Segundo a Física, as vibrações que geram as ondas são periódicas, isto é, ocorrem em intervalos de tempo constantes, o **período** (que representamos pelo símbolo T), medido em segundo (símbolo s). Isso implica que também é constante a **frequência, grandeza escalar** que expressa o número de repetições por unidade de tempo, representada pelo símbolo f e medida em hertz (símbolo Hz). Um (1) hertz representa uma vibração por segundo.

Agora vamos expressar os conceitos físicos de frequência e período em linguagem matemática, no quadro **COMO SE JUSTIFICA - Matematizando as notas musicais**, a seguir.



COMO SE JUSTIFICA: Matematizando as notas musicais

Dizer que um instrumento musical está desafinado significa dizer que ele está produzindo frequências diferentes da escala convencional, que estudaremos no volume 2. Sendo assim, afinar um instrumento significa ajustá-lo de modo a emitir ondas sonoras com frequências específicas.

Considerando o caso particular de um concerto sinfônico, antes da entrada da maestrina, a primeira violinista de uma orquestra, conhecida como *spalla* (ombro, em italiano), que geralmente tem ouvido absoluto, emite em seu violino a nota lá, para que os demais músicos afinem seus instrumentos também. Essa nota possui frequência de 440 Hz e foi convencionada como referência para afinação instrumental. Com base nesses dados, podemos calcular qual o intervalo de tempo cada onda sonora emitida pelo violino da *spalla* necessita para concluir uma oscilação completa.

Ressaltamos que, ao mencionar o intervalo de tempo que cada onda sonora necessita para concluir uma oscilação completa, o enunciado faz referência ao período da onda. Dessa forma podemos calculá-lo utilizando a seguinte fórmula.

Fórmula de frequência:

$$f: \text{frequência de oscilação de uma onda (Hz)} \leftarrow f = \frac{n}{\Delta t} \rightarrow \begin{array}{l} n: \text{número de oscilações} \\ \Delta t: \text{intervalo de tempo (s)} \end{array} \quad \textcircled{1}$$

Aplicando essa fórmula para uma única oscilação, obtemos:

Fórmula de frequência:

$$f: \text{frequência de oscilação de uma onda (Hz)} \leftarrow f = \frac{n}{\Delta t} \Rightarrow f = \frac{1}{T} \rightarrow \begin{array}{l} T: \text{período} \\ \text{(intervalo de tempo de uma oscilação) (s)} \end{array} \quad \textcircled{2}$$

Fórmula de período:

$$f: \text{frequência de oscilação de uma onda (Hz)} \leftarrow f = \frac{1}{T} \Rightarrow T = \frac{1}{f} \rightarrow \begin{array}{l} T: \text{período} \\ \text{(intervalo de tempo de uma oscilação) (s)} \end{array} \quad \textcircled{3}$$

Ao substituímos o dado fornecido na fórmula 3, temos:

$$T = \frac{1}{440} \Rightarrow T \cong 0,00227s$$

Ou seja, para completar uma oscilação completa, as ondas sonoras emitidas pelo violino da *spalla* necessitam de aproximadamente 0,002 segundos ou 2,27 milissegundos.



HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Herinrich Hertz

Heinrich Hertz (Hamburgo, 1857 – Bonn, 1894) foi um físico alemão que descobriu as ondas eletromagnéticas de radiotransmissão, então chamadas de **ondas hertzianas**. Em homenagem a ele, foi atribuído seu nome à unidade de medida de frequência. Vamos conhecer um pouco de Hertz assistindo ao vídeo a seguir.



“Reseña biográfica HEINRICH RUDOLF HERTZ y sus ondas electromagnéticas”, de “Camilo Contreras Medigaña”, disponível em: https://youtu.be/B_pV4LFzsYY.



Fontes: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=26781773>.

No século XIX, a Europa Ocidental continuava tendo papel central no desenvolvimento de pesquisas e na disseminação do conhecimento científico. Devido aos grandes avanços na ciência, a Segunda Revolução Industrial ocorreu na segunda metade desse mesmo século. Essa revolução foi marcada por novas formas de energia, derivada do petróleo e da eletricidade, formas estas que passaram a ser alternativas ao vapor. A Segunda Revolução Industrial foi marcada pela utilização do petróleo e do aço, além do surgimento de grandes indústrias de base, química e siderúrgica, que investiram fortemente em pesquisas para aumento dos lucros. Inseridos nesse contexto, os físicos e demais cientistas da época contribuíram fortemente para o desenvolvimento de novas tecnologias. Com Hertz não foi diferente: ele demonstrou a existência das ondas eletromagnéticas previstas por James Maxwell e criou aparelhos capazes de emitir e detectar ondas de rádio. Esses avanços científicos propiciaram o surgimento do telefone, rádio, telégrafo e até mesmo da televisão.

Para conhecer mais essa trajetória, sugerimos:

- DUCABRAS. Segunda Revolução Industrial. **EducaBras**. Disponível em: https://www.educabras.com/vestibular/materia/historia/historia_geral/aulas/segunda_revolucao_industrial. Acesso em: 22 out. 2023.
- LOURENÇO, Luciano; DE CASTRO, Fátima Velez. **Catástrofes antrópicas: uma aproximação integral**. Coimbra: [s.n.]. 519 p.

As ondas se comportam de formas diferentes em relação aos mais diversos meios através dos quais pode se propagar, caracterizadas em três fenômenos ondulatórios: refração, reflexão e absorção.

Na **refração ondulatória** as ondas que se propagam num meio continuam se propagando num segundo meio diferente do primeiro. Na **reflexão ondulatória**, as ondas são refletidas de volta para o meio original. Na **absorção ondulatória**, ocorre retenção de energia da onda pelo novo meio, de modo que ela deixa de propagar ou passa a se propagar com menor energia que a inicial.

Para pessoas Surdas, os vídeos a que assistimos no início desta unidade, com a devida explicação em língua de sinais, são uma boa alternativa para compreensão dos conceitos físicos de oscilação periódica e frequência, especialmente pelo movimento vibratório da haste do aparato e as imagens das ondas formadas na superfície da água.

Para pessoas ouvintes cegas, é necessário expressar em sons ou toques os pulsos ritmados produzidos no experimento do terceiro vídeo. Com isso, é possível que essas pessoas formem memórias sonoras ou táteis dos pulsos ritmados e, assim, apropriem-se do conceito físico de frequência. Para compreensão das oscilações, seria interessante uma mediação tátil, como ao se colocar o dedo numa bacia com água e pingar em sua superfície gotas de água, para que, por meio do tato do dedo imerso, seja possível sentir a vibração da água.

Retome a questão 2 do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão** e do quadro **SITUAÇÃO-PROBLEMA**. Após o estudo desta unidade, como você incrementaria suas respostas com base nos conceitos físicos de onda sonora e frequência?

Movimento Harmônico Simples (MHS)

UNIDADE

03



Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Viola_brasileira#/media/Ficheiro:Almeida_J%C3%BAnior_-_O_Violeiro_\(1899\).jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Viola_brasileira#/media/Ficheiro:Almeida_J%C3%BAnior_-_O_Violeiro_(1899).jpg)



Fonte: <https://twitter.com/mauriciodesousa/status/1410712151887581193>

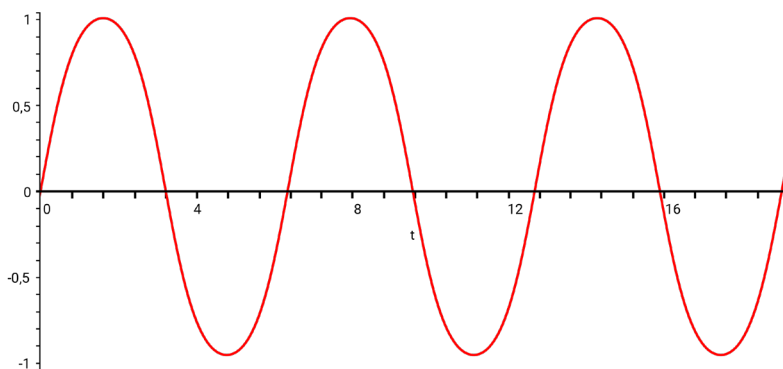
A figura acima à esquerda é uma reprodução da obra “O Violeiro”, do pintor paulista Almeida Júnior, famoso pelas produções que envolvem o universo caipira. Ao lado, está uma releitura da mesma, feita pelo desenhista paulista Maurício de Sousa, com seus personagens Chico Bento e Rosinha. A cena pintada em 1899 retrata um violeiro tocando uma viola, que, assim como o violão, é um cordofone, isto é, um instrumento musical artificial onde as ondas sonoras são produzidas por meio da vibração de cordas tensionadas, que passam a oscilar.

Assim como em outros tipos de onda, o movimento oscilatório que ocorre nessas cordas ocorre em **ciclos**, que expressam a completude de uma oscilação, como num relógio de pêndulo, cujo pêndulo descreve um movimento repetitivo e periódico. Vamos assistir ao vídeo a seguir, que mostra como funciona um relógio de pêndulo.



“How clocks work”, de “HowStuffWorks”, disponível em: <https://youtu.be/7RgvXGPfTg8>.

Na Física, os movimentos que ocorrem em ciclos são representados com **senoides**, curvas gráficas relacionadas a funções matemáticas que envolvem ângulos, muito utilizada em Matemática Pura e Aplicada, na Física e na Engenharia. A figura abaixo mostra uma senoide.

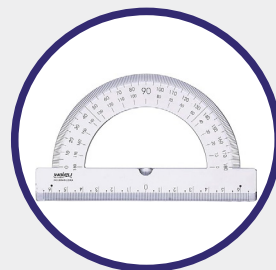


As senoides descrevem matematicamente vibrações conhecidas como **Movimento Harmônico Simples (MHS)**. Em um MHS, ocorre uma oscilação em torno de uma posição de equilíbrio devida a uma **força restauradora**, e a **energia mecânica** total do sistema se conserva, pois não há presença de **forças dissipativas**, isto é, não são **forças conservativas**, demandam dissipação de energia. No quadro a seguir, vamos realizar um experimento com um aparato para estudo básico de MHS, o pêndulo simples.



EXPERIENCIANDO: Pêndulo simples

Materiais:



Procedimentos:

1. Corte 4 pedaços de linha, sendo 3 pedaços com cerca de 30 cm de comprimento e outro pedaço com cerca de 15 cm de comprimento;
2. Com ajuda das capas das borrachas, prenda as borrachas nas linhas, de modo a formar os conjuntos:
 - a) linha comprida com 1 borracha de cor A;
 - b) linha comprida com 1 borracha de cor B;
 - c) linha comprida com 2 borrachas de cor A;
 - d) linha curta com 1 borracha de cor A;
3. Posicione o tripé para celular numa superfície lisa e horizontal;
4. No alto do tripé para celular, uma pessoa não cega deve fixar o transferidor com o limbo voltado para baixo e a linha de fé na horizontal;
5. No tripé para celular, uma pessoa não cega deve fixar um dos conjuntos formados no procedimento 2, de modo que o ponto de fixação coincida com o centro do transferidor e o conjunto possa oscilar como um pêndulo;
6. Com a régua, uma pessoa não cega deve medir o comprimento do fio suspenso;
7. Zere o cronômetro do celular;
8. Dispare o cronômetro e, no mesmo instante, uma pessoa não cega deve fazer o pêndulo oscilar com um ângulo de 5° , contando o número de oscilações completas num intervalo de 10 s;
9. Anote o registro obtido no procedimento anterior;
10. Repita os procedimentos 7 a 9 por cinco vezes;
11. Retire o pêndulo do suporte;

12. Repita os procedimentos 5 a 11 para todos os conjuntos, tomando cuidado para que os conjuntos (a), (b) e (c) fiquem com o mesmo comprimento do fio suspenso;
13. Calcule a média aritmética dos registros obtidos no procedimento 9 para todos os pêndulos e compare-os em termos de massa e cor do pêndulo e comprimento do fio.

Quais foram os resultados? Que hipóteses você pode elaborar para explicar os fenômenos observados?

Para aprofundamento no tema, sugerimos os vídeos a seguir.



“Tema 01 – O oscilador harmônico simples | Experimentos – Pêndulos simples”, de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/Ab9OB9Q6QNw>;



“Tema 01 – O oscilador harmônico simples | Experimentos – Oscilações molas”, de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/BfOO1gGPmHE>;



“Tema 02 – Oscilações amortecidas | Experimentos – Amortecimento subcrítico, crítico e supercrítico”, de “Física Universitária”, disponível em: https://youtu.be/h_JOS7ldl48.

Algumas características de uma oscilação periódica podem ser identificadas no funcionamento de um pêndulo simples, como aquele montado no quadro **EXPERIENCIANDO** anterior. Entre elas, está a periodicidade de seu movimento oscilatório. Uma pessoa Surda não cega pode formar o conceito físico de oscilação pela observação do movimento repetitivo e periódico desse MHS. Uma senoide que o represente também expressa, em linguagem visual matemática gráfica, o comportamento regular, simétrico e periódico do movimento oscilatório.

Para pessoas ouvintes cegas, é preciso haver uma experiência sensorial tátil da periodicidade do movimento. Uma possibilidade nesse sentido, seria a pessoa cega posicionar a palma da mão de tal modo que o pêndulo encostasse nela a cada oscilação completa. Nesse caso, seria preciso fazer a devida discussão em torno da dissipação de energia que ocorreria na colisão do pêndulo com a mão.

Retome a questão 3 do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão** e do do quadro **SITUAÇÃO-PROBLEMA**. Após o estudo desta unidade, como você incrementaria suas respostas com base no conceito físico de Movimento Harmônico Simples?

O som e a fonação humana



Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Milton_Nascimento#/media/Ficheiro:Milton_Nascimento.tif.

Vamos começar o estudo assistindo ao vídeo a seguir.



"Milton Nascimento - Bola de meia bola de gude", de **"Milton Nascimento"**, disponível em: <https://youtu.be/Famu8TStHks>.

O cantor e compositor carioca de nascimento e mineiro de coração Milton Nascimento é reconhecido mundialmente como um dos artistas brasileiros mais influentes e talentosos. Entre seus talentos está sua habilidade multi-instrumentista, que exerce com brilhantismo especialmente com o uso do violão e da voz.

Assim como violão, as pregas vocais servem como instrumento musical, só que natural, além de servir à comunicação de pessoas oralizadoras. Por ocasião da colisão cuja notícia foi apresentada no início deste volume, podemos pensar que as pessoas ouvintes e oralizadoras que ouviram o estrondo provocado pela colisão comentaram entre si o ocorrido, gerando mais ondas sonoras por meio da voz. Mas o que é a voz? Como ela é processada e como é emitida? Nesta unidade, vamos estudar como ocorre a relação entre o aparato vocal humano e as ondas sonoras.

A voz humana é produzida pelo chamado aparelho fonador, composto pelos sistemas articulatório, fonador e respiratório. O processamento da linguagem mediado pela voz ocorre no cérebro. Para entender como funciona o processo, vamos assistir aos vídeos a seguir.



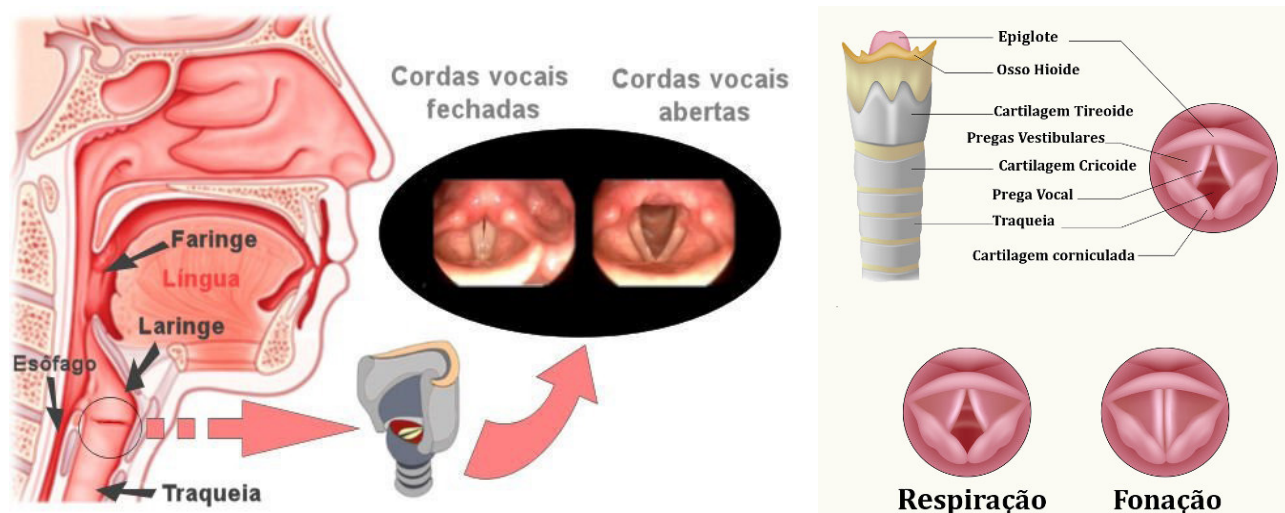
"AULA DE ANATOMIA E FISILOGIA DA VOZ - Gustavo Ferreira", de **"Projetos Musicais"**, disponível em: <https://youtu.be/NF1OXivKM30>;



"Canto: Fisiologia da Voz. Ressonância Magnética de um Cantor Lírico", de **"Projetos Musicais"**, disponível em: https://youtu.be/xZN_RT0rFg0.

O primeiro vídeo é uma aula sobre anatomia do aparelho fonador humano e fisiologia da voz. O segundo é um registro em ressonância magnética de um cantor lírico cantando,

mostrando o funcionamento do aparelho fonador humano, que é representado nas figuras a seguir.



Fonte: <https://www.anatomiaemfoco.com.br/sistema-respiratorio/laringe-anatomia-e-funcao/>.

O sistema fonador é composto pela laringe, incluindo a glote, espaço decorrente da não obstrução dos músculos laríngeos, e pelas pregas vocais, músculos estriados capazes de obstruir a passagem da corrente de ar. As funções básicas da laringe são a proteção dos pulmões, ao impedir a entrada de corpos estranhos, a respiração e a fonação. Quanto menor e mais fina a laringe, mais aguda a voz é.

Por fim, o sistema respiratório é composto por traqueia, pulmões, brônquios e diafragma. Tem como função primária a respiração, além de ser capaz de produzir um fluxo de ar que fornece energia aos subsistemas da laringe e articulatório para a geração de sons.

Vamos assistir ao vídeo a seguir, em que imagens captadas por uma câmera utilizada em exames de nasolaringoscopia. Nele aparecem as pregas vocais de profissionais do canto lírico em funcionamento durante um canto, afastando-se na inspiração e aproximando-se na expiração.



"Cords hear us and have mercy", de "saralundberg1", disponível em: <https://youtu.be/5rJ8nCTgZ2Q>.

A produção da voz se inicia quando o ar sai dos pulmões e passa pela laringe, onde estão as pregas vocais. Estas são muito importantes para o processo, pois sua espessura, capacidade de tensionamento e seu comprimento determinam a sua frequência de vibração quando o fluxo de ar atravessa a glote. A voz humana é produzida pela corrente de ar expirada, devido a gradativas interrupções da coluna de ar nos tubos respiratórios, assemelhando-se ao que ocorre em instrumentos de sopro.

Inicialmente, o som produzido é fraco, mas depois é amplificado pela faringe, pela boca e pelo nariz. Nesta fase, o movimento vibratório gera pulsos de ar que são modificados pelos tratos vocal e nasal. Depois, eles vão para a cavidade oral, onde são articulados pelos lábios, pelas bochechas, pela língua, pelo palato e pela mandíbula, e, por fim, para a cavidade nasal.

Esse magnífico aparato vocal humano exige certos cuidados, como podemos conferir no quadro a seguir.



UNIVERSOS DIVERSOS: Voz: Mudanças e Cuidados

Mudança na voz gravada

No vídeo a seguir, a instrutora Natália Sandim discorre sobre algo comum entre pessoas ouvintes, um estranhamento quando ouvem a própria voz gravada. Vamos conferir.



“Porque minha voz fica diferente nas gravações (aula de canto)”, de “Cifra Club”, disponível em: <https://youtu.be/x3x1VSpUy8Y>.

Quando as pessoas ouvintes escutam uma gravação de sua própria voz, o único meio de propagação das ondas sonoras é o ar, assim como ocorre com qualquer som externo.

A onda sonora se propaga, chega às orelhas e os impulsos nervosos vão até o cérebro pelo nervo auditivo. Porém, quando se fala e se ouve a própria voz, a onda sonora é propagada pelo ar e pelos ossos da face. Assim, o som resultante é a composição dos efeitos desses dois tipos de propagação, visto que as vibrações que são transmitidas por meio dos ossos também estimulam a orelha interna.



Fonte: Rosemary Ketchum (2019). <https://www.pexels.com/pt-br/foto/mulher-segurando-microfone-sem-fio-preto-2306814/>.

O efeito faz com frequências sonoras mais baixas prevaleçam e que a voz seja percebida como mais grave do que o som percebido pelas outras pessoas. A percepção que uma pessoa ouvinte tem de sua voz gravada é a mesma que outras pessoas ouvintes têm.

Mudança na voz durante a adolescência

Em uma entrevista, a fonoaudióloga Filó Pinho discorre sobre as mudanças na voz durante a adolescência. Vamos conferir no vídeo a seguir.



“Mãe de adolescente – A mudança de voz na adolescência”, de “Clicktube Saúde e Bem Estar”, disponível em: <https://youtu.be/y7kgBzpaHBQ>.

Durante a puberdade, a laringe cresce e se torna mais grossa. Isso ocorre independentemente do gênero, porém, a mudança é mais brusca no gênero masculino, em que se nota uma maior modificação na voz. Durante o processo, em alguns momentos, a voz pode “desafinar”, mas trata-se de uma questão de adaptação anatômica. Além disso, o crescimento da laringe está relacionado ao surgimento do “pomo-de-adão” ou “gogó”, uma proeminência mais aparente no gênero masculino.

Cuidados com a voz

O escritor e radialista Flávio Siqueira utiliza a mudança na voz para fazer uma reflexão sobre a fugacidade da vida no vídeo a seguir, editado por ele.



“Envelhecendo em um minuto-(Dublado em Portugues)”, de “Flavio Siqueira”, disponível em: <https://youtu.be/7y4gGu5mEWM>.

É muito importante que pessoas oralizadoras cuidem da voz. Recomenda-se que sejam evitados pigarros, gritos e esforços físicos durante a fala. Além disso, o consumo de cigarro, bebidas alcoólicas e drogas em geral também podem desencadear problemas. Uma boa alimentação, hidratação e saúde de forma geral são fundamentais para a boa qualidade da voz. Pessoas que utilizam a voz como ferramenta de trabalho precisam de ainda mais cuidados, fazendo o aquecimento e desaquecimento vocal com técnicas acompanhadas por fonoaudiólogos. Quanto ao cigarro, as toxinas nele presentes causam irritação e inchaço da laringe, ressecamento da mucosa e até mesmo câncer, tanto de laringe quanto das pregas vocais. Quando estas são agredidas pelo calor e pelas toxinas, que se depositam em toda a sua extensão, há o aparecimento do pigarro. Além disso, as células ciliadas presentes nas bordas das pregas vocais param de se movimentar por uma hora a cada cigarro utilizado, ocasionando ainda mais a tosse e o pigarro. O sistema respiratório comprometido também interfere negativamente na qualidade da voz. Além disso, o envelhecimento natural da voz é marcado por um padrão vocal chamado presbifonia, que ocorre geralmente a partir dos 65 anos. Há uma diminuição na produção de sons agudos e da capacidade de extensão vocal. Isso ocorre devido à perda de força e agilidade dos músculos da laringe, ao endurecimento das cartilagens e à redução da lubrificação local. Também pode haver atrofia das glândulas salivares. Em alguns casos, a presbifonia acontece de maneira branda, porém, é inevitável.

Diante dos vários tipos de alteração na voz, podemos nos perguntar:

1. Semelhantemente ao que ocorre com a voz gravada ou com a voz na adolescência, é possível que as pessoas ouvintes percebam auditivamente alteração em sua voz quando acordam. Por que isso acontece? Esse fenômeno requer algum cuidado especial?
2. Responsáveis e profissionais da Educação devem tomar que cuidados com adolescentes no que se refere à sua mudança da voz por ocasião da puberdade?
3. No âmbito da atuação de docentes que oralizam, que cuidados devem ser tomados antes, durante e após as aulas?

Para viajar mais nesse universo, sugerimos:

- BAENA, Ademir Garcia Baena. Voz: instrumento de trabalho. **Curso de capacitação viva voz**. Projeto de saúde vocal Viva Voz da Universidade Federal da Grande Dourados, 2017. Disponível em: <https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/PROGESP/CartVozUFGD2017.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CHAGAS, F. A.; ANDRADE, V. G. A forma (in)adequada do aparato vocal. **Valeu in Health**, v. 18, novembro de 2015. Disponível em: <https://www.valueinhealth->

[journal.com/article/S1098-3015\(15\)02535-8/fulltext?_return](https://www.sciencedirect.com/journal.com/article/S1098-3015(15)02535-8/fulltext?_return). Acesso em: 22 out. 2023.

- FERREIRA, Nuno. **Perturbações das cordas vocais**. Programa Harvard Medical School Portugal. 9 de novembro de 2011. Disponível em: <https://hmsportugal.wordpress.com/2011/09/09/perturbacoes-das-cordas-vocais-2/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- KNIJNIK, Solange Dorfman. Cigarro agride as cordas vocais, deixando a voz mais grossa. **Minha vida**. Disponível em: <https://www.minhavidacom.br/saude/materias/17941-cigarro-agride-as-cordas-vocais-deixando-a-voz-mais-grossa>. Acesso em: 22 out. 2023.
- Laringe | Anatomia e Função | Como Funciona | Resumo. **Anatomia em foco**. Disponível em: <https://www.anatomiaemfoco.com.br/sistema-respiratorio/laringe-anatomia-e-funcao/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- PASCOAL, João Vitor. Por que nossa voz gravada soa diferente da que ouvimos?. **Curiosamente**. Disponível em: <https://curiosamente.diariodepernambuco.com.br/project/por-que-nossa-voz-gravada-soa-diferente-do-que-ouvimos/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- PINHEIRO, Pedro. Laringite: o que é, sintomas e tratamento. **MD. Saúde**. Disponível em: <https://www.mdsaude.com/otorrinolaringologia/laringite/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- NETTER, Frank H. **Atlas de Anatomia Humana**. 2ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2000.
- SAMPAIO, Cristiane Freitas do Amaral. Cuidado com o envelhecimento da voz! **Albert Einstein**: Sociedade Beneficente Israelita Brasileira. Disponível em: <https://www.einstein.br/noticias/noticia/cuidado-envelhecimento-voz>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SETÚBAL, José Luiz. Mudança de voz em adolescentes. **Instituto Pensi**. Disponível em: <https://institutopensi.org.br/mudanca-de-voz-no-adolescentes/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- Sistema Respiratório. **Aula de Anatomia**. Disponível em: <https://www.auladeanatomia.com/novosite/pt/sistemas/sistema-respiratorio/>. Acesso em: 22 out. 2023.

Vamos concluir o estudo desta unidade assistindo a um vídeo em que o ator e educador Leonardo Castilho discorre sobre um viés da situação-problema das pessoas Surdas na sociedade: sua caracterização como mudas. Vamos conferir.



“Os surdos têm voz | Leonardo Castilho | Cabine #11”, de “Drauzio Varella”, disponível em: <https://youtu.be/Bcq6GPyMfPo>.

Essa apresentação revela como é inadequada a expressão “surdo-mudo”, já que o adjetivo “mudo” tem uma conotação de incapacidade de falar, o que não é necessariamente o caso das pessoas Surdas. A esse respeito, temos muito que aprender com a história registrada no quadro a seguir.



HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Helen Keller e Anne Sullivan

Helen Keller (Tuscumbia, 1880 – Westport, 1968) foi uma mulher estadunidense que se tornou surdocega após contrair uma doença aos 18 meses de idade, possivelmente escarlatina ou meningite. Essa menina foi educada por uma educadora estadunidense formada no instituto de Graham Bell, **Anne Sullivan** (Massachusetts, 1866 – Nova Iorque, 1936).

Com essa criança, Anne utilizou, a princípio, a língua de sinais tátil, em que o processo de soletração de palavras com alfabeto manual (datilologia) é feito na palma da mão da pessoa surdocega. Vamos conhecer um pouco dessa história pelas palavras das próprias Anne Sullivan e Helen Keller, nos vídeos seguintes:



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=16341199>



“**Rare! Helen Keller & Anne Sullivan 91930 Newsreel Footage**”, de “transformingArt”, disponível em: <https://youtu.be/Gv1uLFF35Uw>;



“**Helen Keller Speech**”, de “Scran53”, disponível em: <https://youtu.be/rfr6YO-zLZc>



Fonte: <https://culturasurda.net/2015/03/28/o-milagre-de-anne-sullivan/>

A história de educação de Helen e sua consequente socialização revelam o caráter imprescindível do processo de aquisição de língua pelo ser humano, que começa com a associação de significados a palavras. Com a dedicação contínua de Anne, Helen se humanizou, descobrindo-se como parte de um todo, a sociedade.

Para conhecer mais essas trajetórias, sugerimos:

TASS, Nadia. **The miracle worker**. Filme. Estados Unidos, 2000. Disponível em: https://youtu.be/_SsPD8-b3XQ. Acesso em: 22 out. 2023.

Ao aprenderem a falar, as crianças ouvintes aprendem a ajustar características da voz a partir da memória auditiva formada por meio da interação com outras crianças e pessoas adultas. Mas o estudo feito nesta unidade mostra que o processo de fonação independe da audição para acontecer, embora esteja socialmente a ela associado.

Retome a questão 4 do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão** e do quadro **SITUAÇÃO-PROBLEMA**. Após o estudo desta unidade, como você incrementaria suas respostas com base no conhecimento sobre o processo de fonação humana?

O fenômeno da ressonância



Fonte: <https://www.pexels.com/pt-br/foto/avental-uniforme-arte-artesao-3853199/>

As mais diversas atividades humanas são marcadas por muitos padrões, inclusive no âmbito da arte. A produção fonográfica mundial, por exemplo, é majoritariamente realizada com uso de instrumentos musicais convencionais fabricados por artesão, como o da figura acima, e por empresas. Mas o ser humano pode desenvolver inúmeras habilidades, como a criatividade em fazer música com objetos diversos. Dentre eles, estão taças de vidro, copos de plástico e até serrotes! Vamos conferir alguns exemplos assistindo aos vídeos a seguir:



“Harpa de vidro ao vivo – Tchaikovsky – Sugar plum fairy”, de “Slide Midia”, disponível em: <https://youtu.be/P3ukfhw31A>;



“Stand by me – arranjo para cordas e copos plásticos”, de “Airton da percussão”, disponível em: <https://youtu.be/Rb7ZrBhFbZY>;



“Musical saw % glass harb with Felice Pantone \$ Robert Tiso”, de “roberttiso”, disponível em: <https://youtu.be/3qwl3jOyg4w>.

Estes são exemplos de sons que podem ser considerados agradáveis, produzidos na forma de música. Mas o que dizer do que a sociedade chama de barulho? Será que existem barulhos tão intensos que são capazes de romper os tímpanos? Será que o barulho provocado por uma colisão, como aquela cuja notícia foi apresentada no início deste volume, seria capaz de quebrar objetos, como vidro de janelas? Um experimento curioso que algumas pessoas conseguem realizar tem semelhanças com o fenômeno que ocorre nas orelhas de pessoas ouvintes. Vamos conferir, a partir do instante 2:08 do vídeo a seguir.



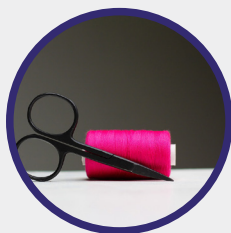
“Eliaana – Veja quem quebrou a taça e faturou prêmio de R\$ 10 mil”, de “SBT Online”, disponível em: <https://youtu.be/7QxER6Db5f4?t=128>.

Agora vamos realizar experimentos mais possíveis!



EXPERIENCIANDO: Pêndulos ressonantes

Materiais:



Procedimentos:

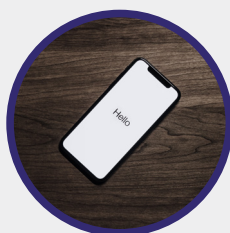
1. Corte dois pedaços com cerca de 30 cm de linha de costura e outros dois pedaços com cerca de 15 cm;
2. Amarre as linhas num cabide, com os comprimentos iguais intercalados;
3. Na extremidade livre de cada linha, amarre uma borracha, de tal modo que, duas a duas, fiquem na mesma altura;
4. Pendure o cabide em um ponto fixo;
5. Oscile um dos pêndulos de 15 cm e, em seguida, um dos pêndulos de 30 cm.
6. Observe.

Quais foram os resultados? Que hipóteses você pode elaborar para explicar o fenômeno ocorrido?



EXPERIENCIANDO: Copo sonoro

Materiais:



Procedimentos:

Baixe em um celular um aplicativo para medição de frequência sonora e acesse-o.

1. Despeje líquido em um copo ou em uma garrafa, procurando manter o filete de líquido o mais fino possível e o copo o mais distante possível da fonte do líquido;
2. Verifique a medição de frequência feita pelo aplicativo e, se você é ouvinte, também observe auditivamente.

Quais foram os resultados? Que hipóteses você pode elaborar para explicar o fenômeno ocorrido?



EXPERIENCIANDO: Taça sonora

Materiais:



Procedimentos:

1. Baixe em um celular um aplicativo para medição de frequência sonora e acesse-o.
2. Coloque cerca de três dedos de água em duas taças de vidro ou cristal.
3. Coloque as taças lado a lado sobre uma superfície horizontal, como a mesa de trabalho.
4. Molhe o dedo na água e passe-o suavemente na borda de uma das taças.
5. Verifique a medição de frequência feita pelo aplicativo e, se você é ouvinte, também observe auditivamente;
6. Acrescente a mesma quantidade de água nas duas taças e repita os procedimentos 4 e 5.
7. Acrescente mais água em uma das taças e repita os procedimentos 4 e 5.

Quais foram os resultados? Que hipóteses você pode elaborar para explicar os fenômenos observados?

Vamos estudar esses fenômenos assistindo aos experimentos dos vídeos a seguir.



“O som quebra vidros”, de “The education group”, disponível em: <https://youtu.be/ca3JwWiSCv0>;



“Tema 03 – Oscilador Harmônico Forçado | Experimentos – Pêndulos acoplados: ressonância”, de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/xetRMbo35lw>;



“Tema 03 – Oscilador Harmônico Forçado | Experimentos – Ressonância massa mola”, de “Física Universitária”, disponível em: https://youtu.be/7f0h_1z0iBE.

Esses fenômenos são manifestações do fenômeno ondulatório da **ressonância**, em que corpos passam a vibrar na mesma frequência de uma onda, quando esta oscila na mesma frequência que a **frequência natural** ou **frequência de ressonância** de um corpo. Ela depende da forma e composição do material em questão. No âmbito da música, instrumentistas utilizam um dispositivo chamado **metrônomo**, para marcar a frequência ou periodicidade que caracteriza o ritmo de uma música. O vídeo a seguir registra o funcionamento simultâneo de vários metrônimos, que, após algum tempo, entram em ressonância.



“Spontaneous synchronization”, de “uclaphysicsvideo”, disponível em: <https://youtu.be/T58IGKREubo>.

Notemos que, no aparato vocal humano já estudado, as pregas vocais vibram, gerando ondas sonoras que se propagam com a mesma frequência, que, por sua vez, geram outras propagações e assim sucessivamente, numa sequência de várias ressonâncias. Assim, o fenômeno da ressonância permite a propagação das ondas responsáveis pelo som ouvido por pessoas ouvintes.



UNIVERSOS DIVERSOS: Música com taças e copos

A seguir, vamos assistir a algumas produções do engenheiro de software e músico estadunidense Dan Newbie.



“Samba medley with kitchen instruments – Aquarela do Brazil / Mas que nada”, de “Dan Newbie”, disponível em: <https://youtu.be/0-B-HqsSK0c>;



“STROMAE on wine glasses – alors on danse (Dan Newbie Cover)”, de “Dan Newbie”, disponível em: <https://youtu.be/Za52TV7XPAc>;



“Ghostbusters theme song on pumpkins - Dan Newbie”, de “Dan Newbie”, disponível em: <https://youtu.be/SYgSYQhrwY4>.

No vídeo a seguir, Dan discorre sobre condicionamentos do processo criativo. Vamos conferir:



“How social context affects creativity | Dan Newbie | TEDxUniversity OfCentralArkansas”, disponível em: <https://youtu.be/cmZ2g6DuGIE>.

De acordo com Dan Newbie, apesar de ser comum a contraposição entre produtividade e criatividade em instituições educacionais, a criatividade é um elemento essencial e crucial para a sobrevivência e inspira novas estratégias de resolução de problemas. A esse respeito, podemos nos perguntar:

1. Como podemos avaliar os limites impostos pelos ambientes que condicionam nossas trajetórias frente à necessidade de criação de estratégias para resolução de problemas?
2. Como podemos caracterizar o espaço para música produzida com materiais do cotidiano nos atuais modelos de sociedade?

Para viajar mais nesse universo, sugerimos:

- CAMELO, Alberto. Algumas pessoas usam taças para beber vinho. Dan Newbie as suas para fazer música. **La parola**. Disponível em: <https://laparola.com.br/algumas-pessoas-usam-tacas-para-beber-vinho-dan-newbie-as-usa-para-fazer-musica>. Acesso em: 22 out. 2023.
- LIMA, José Guilherme Allen. **Práticas de luteria na música experimental brasileira**. Tese. (Doutorado em Música) – Escola de Comunicações e Artes, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2018. Disponível em: <https://www>.

teses.usp.br/teses/disponiveis/27/27158/tde-03122018-152634/publico/JoseGuilhermeAllenLima.pdf. Acesso em: 22 out. 2023.

- TOZATO, Odair José. **Interação física e música**: o uso da orquestra de taças como instrumento de ensino de ondas sonoras. Monografia (Licenciatura em Física) – Faculdade de Educação e Meio Ambiente. Ariquemes, 2015. Disponível em: <https://repositorio.unifaema.edu.br/handle/123456789/455>. Acesso em: 22 out. 2023.

Retome suas respostas nos quadros **EXPERIENCIANDO**. Como você responderia as perguntas agora, após o estudo realizado?

Para aprofundar o estudo sobre o fenômeno da ressonância, sugerimos os vídeos a seguir.



“Tema 03 – Oscilador Harmônico Forçado | Experimentos – Ressonância: Pêndulos acoplados”, disponível em: <https://youtu.be/ynzk04wVn6k>;



“Tema 04 – Osciladores Acoplados | Experimentos – Pêndulo de Wilberforce”, de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/khSy3RkosJc>;



“Espantosa experiência com ressonância”, de Paradigmas”, disponível em: <https://youtu.be/rHvtROxCroA>;



“Circular Centered Chkadni Plate”, de “SBCCPhysics”, disponível em: <https://youtu.be/CGiiSIMFFII>.



ALERTA FAKE NEWS:

A ponte de Tacoma Narrows



Fonte: <https://engenharia360.com/ponte-tacoma-narrows-aeroelasticidade-ou-ressonancia/>



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9002953>

A Ponte de Tacoma Narrows foi uma ponte pênsil que caiu em 7 de novembro de 1940. Localizada no Estreito de Tacoma, no estado de Washington, Estados Unidos, ela sempre balançava com a força dos ventos, mas no dia do colapso, os ventos atingiram uma velocidade de aproximadamente 70 km/h, o que gerou movimentos de

torção que fizeram a ponte ruir. Um cão que estava dentro de um carro foi a única vítima fatal do acidente.

Foram feitos alguns registros em vídeo do momento do desastre. Um deles está disponível em:



“TACOMA Narrows Bridge destruction.ogv”, de “Wikipédia: a enciclopédia livre”, disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Ficheiro:Tacoma_Narrows_Bridge_destruction.ogv.

Por muito tempo se estudou o fenômeno, e acreditou-se que a destruição da ponte se deveu ao fenômeno da ressonância. Explicações posteriores apontaram como causa o fenômeno de *flutter* aeroelástico, oscilação auto-excitada em que uma superfície de sustentação sofre ciclos de deflexões causados por forças aerodinâmicas. As oscilações da ponte alcançaram amplitude de quase 1 metro e frequência de 36 Hz. Esse desastre alertou o ramo da engenharia para questões que ainda não haviam sido discutidas, como a instabilidade autoexcitante devido à interação entre vento e estrutura. Dessa forma, o desastre ocasionou o início da elaboração de ferramentas teórico-analíticas de estudo do comportamento aerodinâmico das pontes.

Para investigar mais este tema, sugerimos:

- A ponte de Tacoma Narrows: ressonância e autovetores. **Derivando a matemática**. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/~apmat/ponte-de-tacoma/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- BILLAH, K. Yusuf. SCANIAN, Roberto H. Resonance, Tacoma Narrows Bridge Failure, and Undergraduate Physics Textbooks. **American Journal of Physics**. Volume 59. 2ª ed. p. 118 – 124. 1991. Disponível em: <http://www.ketchum.org/billah/Billah-Scanlan.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.
- MARTINS, Gabriel Borelli. **Projeto de dispositivo para realização de ensaios aeroelásticos em modelos seccionais de pontes em túnel de vento**. 2016. Dissertação. 96 p. (Mestrado em Ciências) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo. São Paulo, 2016. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3150/tde-25082016-094543/publico/GabrielBorelliMartinsCorr16.pdf>. Acesso em: 22 out. 2023.
- Ponte estaiada X pênsil: entenda as diferenças. **Mapa da obra**. Votorantim cimentos. Disponível em: <https://www.mapadaobra.com.br/capacitacao/estaiada-pensil-diferencas/>. Acesso em: 22 out. 2023.
- TAVARES, M.; COSTA, A. Pinto da; SIMÕES, F. M. F. Instabilidade aerodinâmica por flutter em estruturas prismáticas de secção retangular. **Revista internacional de métodos numéricos para cálculo y diseño en ingeniería**. 31. p. 27-35. 2015. Disponível em: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/>

Quando as cordas do violão são vibradas, ocorre vibração na madeira da caixa e no fluido em seu interior, o ar, que entra em ressonância com as ondas produzidas nas cordas. Por isso, a caixa do violão é conhecida como caixa acústica ou caixa de ressonância.

A Física e os sons que (não) estão à nossa volta

Série Conhecimento - Ed. nº 44 (Vol 01). 2024

Antes de pensarmos na audição de pessoas ouvintes, é preciso ter em mente que ocorre um fenômeno físico no ambiente onde estamos inseridos, preenchido por ar atmosférico, através do qual as ondas sonoras se propagam.

É preciso lembrar que as ondas sonoras são ondas mecânicas, de modo que as partículas de ar são fundamentais para que haja propagação da energia que chegará às orelhas, uma vez que essas partículas entram em ressonância com a perturbação inicial que gerou as ondas sonoras. Assim, sem um meio material necessário à ocorrência do fenômeno da ressonância, as ondas sonoras não existem e, logo, não ocorre a audição para pessoas ouvintes.

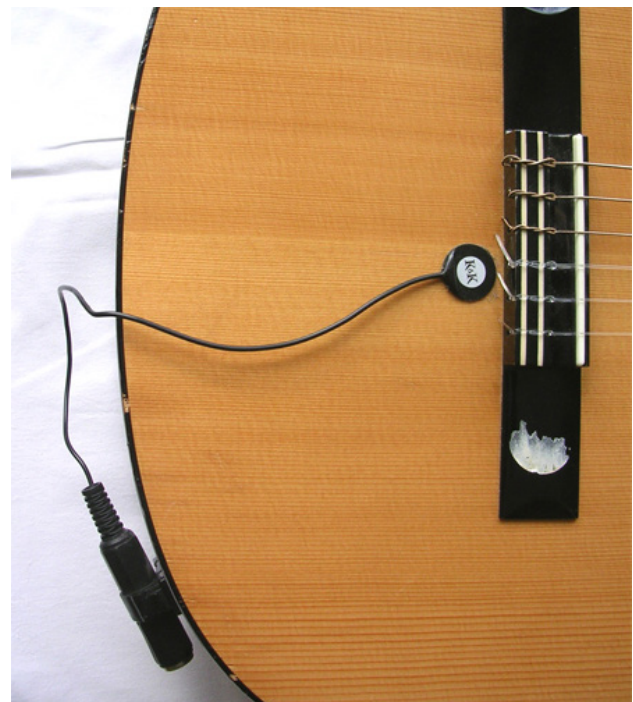
Quanto ao fenômeno biológico da audição, ocorrem vários processos que têm início com o mecanismo físico estudado nesta unidade. No volume 2 vamos aprofundar a interação entre Física e Biologia para compreensão da audição humana em pessoas ouvintes.

Retome a questão 5 do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão** e do do quadro **SITUAÇÃO-PROBLEMA**. Após o estudo desta unidade, como você incrementaria suas respostas com base no conceito físico de ressonância?

O princípio de Huygens

A figura ao lado mostra um captador em um violão. O captador é acionado pelas vibrações produzidas no instrumento musical, convertendo a energia mecânica dessas vibrações em energia elétrica, de modo que os sinais elétricos resultantes possam ser amplificados por um amplificador.

O comportamento das ondas sonoras produzidas no violão bem como aquelas oriundas dos amplificadores pode ser estudado com mais profundidade por meio de um princípio enunciado pelo físico e matemático holandês Christian Huygens, que inventou o relógio de pêndulo e estudou seu comportamento. Esse princípio pode ser entendido a partir do fenômeno retratado no vídeo a seguir. Vamos assistir.



Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Captador#>



“**Máquina de olas artificiales**”, de “Eltiempo.es”, disponível em: <https://youtu.be/6U26qmJ3oos>.

O vídeo mostra ondas sendo produzidas na superfície da água contida em um tanque, a partir do funcionamento de uma máquina que empurra a água repetitivamente. A partir do instante 0:17 do vídeo ocorrem representações visuais da forma como a Física descreve a propagação de ondas, por meio de frentes de onda. As **frentes de onda** são regiões em um meio atingidas simultaneamente por pontos das ondas.

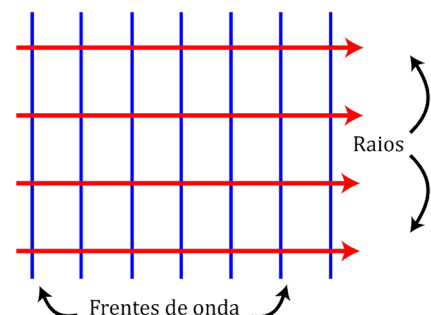
O **princípio de Huygens** afirma que cada ponto de uma frente de onda se comporta como uma nova fonte de outras ondas, que se propagam na mesma **direção** e com a mesma frequência e **velocidade de propagação** da onda original. No vídeo, é como se cada frente de onda fizesse o papel da máquina geradora de ondas.

Vamos assistir novamente ao vídeo seguinte, em que foi feito um registro visual das frentes de ondas produzidas em uma cuba de ondas.



“**Tema 07 – O que são ondas | Experimentos – O que são ondas?**” de “Física Universitária”, disponível em: <https://youtu.be/yGqfRB4EWEg>.

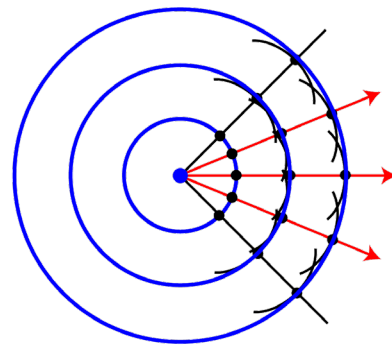
A figura ao lado representa frentes de ondas parecidas com as dos vídeos, além de **raios de onda**, representações geométricas que indicam a direção e o **sentido** de propagação das frentes de onda. Os raios de onda são perpendiculares às frentes de onda em cada ponto.



A foto a seguir, à direita, é um clássico exemplo de ondas, que se formam na superfície da água quando ocorre nela uma perturbação. Vistas de cima, as frentes de onda formam circunferências ao redor do centro de perturbação que gerou as ondas. A figura à esquerda é uma representação geométrica das ondas, em que as circunferências representam frentes de onda com pontos funcionando como fonte de novas ondas, cujos pontos funcionam como fontes de novas ondas, representadas pelos arcos de circunferência. O ponto central representa a fonte primária de ondas e os demais pontos, fontes secundárias. As direções e os sentidos dos vetores representam as direções de propagação em cada ponto.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=8440935>.



HISTÓRIAS E TRAJETÓRIAS: Christian Huygens

Christian Huygens (Haia, 14/04/1629 – Haia, 8/07/1695) foi um físico e matemático holandês que desenvolveu o relógio de pêndulo e aperfeiçoou lentes para telescópio. Tiveram destaque seus estudos sobre Ondulatória, feitos com base no Princípio de Huygens. Vamos saber um pouco mais sobre Huygens assistindo ao vídeo a seguir.



“**Christian Huygens - Genius**”, de “Astrolab Motion”, disponível em: <https://youtu.be/oCRall6vul>.

Huygens viveu durante o período denominado Idade Moderna, que perdurou dos séculos XV a XVIII. Até 1695, ano da morte de Huygens, o período já havia sido marcado pelo Mercantilismo, Absolutismo, Renascimento, pelas Grandes Navegações e pela Reforma Religiosa, que foram cruciais para mudanças na sociedade, economia, política e cultura ocidental, e propiciaram a Revolução Científica do Século XVII. Esta foi marcada por grandes obras de Galileu (1564-1642), René Descartes (1596-1650), Pascal (1623-1662), Robert Hooke (1635-1703), Kepler (1571-1630), Robert Boyle (1627-1691), Isaac Newton (1642-1727), dentre outros.



Fonte: <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=44047>

As ciências naturais estavam se tornando independentes da Filosofia e da religião; as crenças de que a Terra era plana e de que o texto bíblico era incontestável estavam

sendo refutadas. Era cada vez mais recorrente a utilização da Matemática e da experimentação para descrever e compreender diversos fenômenos físicos. Como Huygens desenvolveu estudos sobre a teoria ondulatória da luz, muitas pessoas se referem ao seu trabalho como sendo o oposto do desenvolvido por seu contemporâneo Newton sobre uma teoria corpuscular. Atualmente, a percepção científica sobre o comportamento ondulatório da luz é muito diferente da que foi proposta por Huygens. Ele a compreendia como sendo uma perturbação mecânica que se propaga por meio de forças de contato entre corpúsculos. Em sua obra não havia nem mesmo a menção de características ondulatórias que seriam consideradas fundamentais, como amplitude, frequência e comprimento de onda. Por isso, é necessário muito cuidado para não atribuir a esse cientista do século XVII interpretações mais recentes sobre a natureza de ondas luminosas.

Para conhecer mais essa trajetória, sugerimos:

- OLIVEIRA, Filipe. Idade Moderna. **Educa + Brasil**. Disponível em: <https://www.educamaisbrasil.com.br/enem/historia/idade-moderna>. Acesso em: 20 jan. 2020.
- SILVA, Fabio W. O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. São Paulo, v. 29, nº 1, p. 149-159, 2007. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbef/a/wXbCrhcZ79KtDZ5FZm-tK8hM/>. Acesso em: 20 jan. 2021.

O estudo do comportamento das ondas na Física começa com os conceitos físicos de frente de onda e raio de onda. O vídeo e as imagens discutidas nesta unidade contribuem para formação desses conceitos por pessoas Surdas não cegas.

Para pessoas ouvintes cegas, seria necessário propiciar a formação de uma memória tátil, como colocando-se o dedo em uma bacia com água e pingar em sua superfície gotas de água. Dessa vez, no entanto, conviria fazer a discussão de que a vibração da água atinge a pele em diferentes pontos ao mesmo tempo, isto é, em frentes de onda.

O conceito físico de raio de onda parece exigir uma atenção especial, já que se trata de uma representação imaginária visual da direção de propagação das ondas. Apesar dessa limitação, é possível pensar esse conceito a partir da perspectiva tátil. Uma forma de fazer isso seria simular pulsos retilíneos, representando as frentes de onda retilíneas do vídeo a que assistimos no início desta unidade. Por exemplo, para simular a propagação das frentes de onda, pode-se bater periodicamente a lateral da mão em vários pontos na palma da mão da pessoa cega, mantendo a mão sempre na mesma direção retilínea. E a direção dessa propagação poderia ser traçada passando-se a ponta do dedo na palma da mão da pessoa, mas, desta vez, em uma direção perpendicular à direção de propagação.

Retome a questão 6 do quadro **COMO SE JUSTIFÍCA – Investigando o violão** e do do quadro **SITUAÇÃO-PROBLEMA**. Após o estudo desta unidade, como você incrementaria suas respostas com base no Princípio de Huygens?

Continua no volume 2...

Conceituário ilustrado de Física

(o que estamos chamando de...)

Absorção ondulatória: Fenômeno físico em que ocorre retenção de energia da onda pelo novo meio, de modo que ela deixa de propagar ou passa a se propagar com menor energia que a inicial.

Exemplo: As espumas acústicas de um estúdio de gravação têm a função de realizar absorção ondulatória.

Acústica: Ramo da Física que estuda as ondas sonoras e os sons.

Exemplo: Na Acústica, estudamos diversos conceitos físicos relacionados às ondas sonoras, como o conceito de superfície de onda.

Ciclo: Fenômeno repetitivo com regularidade de intervalo de tempo, que parte de um ponto inicial e termina com a recorrência a esse ponto.

Exemplo: O movimento do pêndulo dos relógios de pêndulo descreve ciclos, oscilações em torno de um ponto de equilíbrio.

Direção: Qualidade de um vetor, que representa sua inclinação em relação a um ponto de referência, que geralmente é o horizonte, medida em grau ou radiano.

Exemplo: Na figura abaixo, os raios de onda e as frentes de onda têm direção perpendicular entre si, ou seja, formam entre si um ângulo de 90° ou $\pi/2$ radianos.

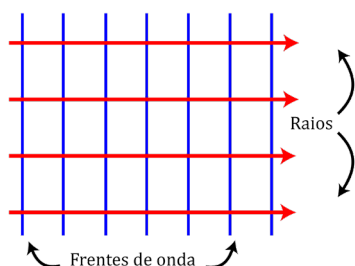


Figura 01

Energia: Grandeza escalar relacionada à realização de trabalho.

Unidade de medida no SI: newton (N).

Símbolo: F .

Exemplo: Um parque eólico é composto por moinhos movidos pela energia oriunda dos ventos.



Fonte: Pexels (2016)

Energia mecânica: Energia diretamente relacionada a movimento.

Unidade de medida no SI: newton (N).

Símbolo: F .

Exemplo: No movimento do pêndulo de um relógio de pêndulo está presente energia mecânica.

Flutter aeroelástico: Oscilação auto-excitada em que uma superfície de sustentação sofre ciclos de deflexões causados por forças aerodinâmicas.

Exemplo: Atribui-se ao fenômeno conhecido como flutter aeroelástico a causa da destruição ocorrida na ponte de Tacoma, nos Estados Unidos.



Fonte: Library of Congress, Washington, DC

Força: Grandeza vetorial que expressa a causa de aceleração, deformação, equilíbrio ou sustentação imposta a um corpo.

Unidade de medida no SI: newton (N).

Símbolo: F .

Exemplo: Na realização de um exercício de flexão de braço com apoios, é preciso mobilizar força muscular para se sustentar nos apoios.

Força conservativa: Força capaz de produzir trabalho entre dois pontos, independentemente do caminho escolhido.

Unidade de medida no SI: newton (N).

Símbolo: F .

Exemplo: Em um relógio de pêndulo, a força da gravidade é uma força conservativa que contribui para o movimento do pêndulo.

Força dissipativa: Força que demanda gasto de energia que não pode ser reaproveitado por um sistema.

Unidade de medida no SI: newton (N).

Símbolo: F .

Exemplo: O movimento do pêndulo de um relógio de pêndulo costuma ser utilizado como exemplo do movimento ideal de um pêndulo simples, em que não há presença de forças dissipativas.



Fonte: <https://antigamaniaantiguidades.com.br/wp-content/uploads/2022/10/relogios-antigos.jpg>.

Força restauradora: Força que leva um corpo a uma posição de equilíbrio.

Exemplo: Em um relógio de pêndulo, a componente horizontal da força da gravidade compõe a força restauradora que mantém o pêndulo sempre passando pela posição de equilíbrio.

Frente de onda: Regiões em um meio atingidas simultaneamente por pontos de ondas.

Exemplo: Na figura 01, as linhas verticais representam frentes de onda e as setas horizontais vermelhas representam os raios de onda, que indicam a direção e o sentido de propagação das frentes de onda, para a direita.

Frequência: Grandeza escalar que conta o número de repetições por intervalo de tempo.

Unidade de medida

no SI: hertz (Hz).

Símbolo: f .

Exemplo: Os relógios e aplicativos de celular para controle da frequência cardíaca efetuam a contagem do número de pulsações que ocorrem por intervalo de tempo.



Fonte: <https://blog.ciaathletica.com.br/bem-estar/frequencia-cardiaca-normal/>

Frequência de ressonância: Frequência particular de vibração de um corpo. Frequência natural.

Exemplo: A ponte de Tacoma, nos Estados Unidos, foi questionavelmente considerada um exemplo de destruição causada por ressonância, em que a ponte teria vibrado supostamente em sua frequência natural ou frequência de ressonância devido à ação dos ventos.

Frequência natural: Frequência particular de vibração de um corpo. Frequência de ressonância.

Exemplo: A ponte de Tacoma, nos Estados Unidos, foi questionavelmente considerada um exemplo de destruição causada por ressonância, em que a ponte teria vibrado supostamente em sua frequência natural ou frequência de ressonância devido à ação dos ventos.

Grandeza: Conceito que expressa uma característica mensurável numericamente.

Exemplo: Força é uma grandeza física, pois pode ser medida com instrumento de medida ou calculada.

Grandeza adimensional: Grandeza cujo módulo é expresso sem uma unidade de medida do SI, mas apenas por um número.

Exemplo: A quantidade de ciclos contada no estudo de um Movimento Harmônico Simples é uma grandeza adimensional.

Grandeza escalar: Grandeza que não pode ser representada por um vetor, por não possuir características de direção e sentido.

Exemplo: *Energia é uma grandeza física escalar, pois não possui direção e sentido, mas apenas módulo.*

Grandeza vetorial: Grandeza que pode ser representada por um vetor, por possuir características de direção, sentido e módulo.

Exemplo: *Força é uma grandeza física vetorial, pois possui módulo ou intensidade, e direção e sentido de aplicação.*

Metrônomo: Aparelho que emite ondas sonoras com frequência regular, utilizado para indicar o ritmo musical.

Exemplo: *O metrônomo mecânico é composto por um pêndulo em forma de haste, funciona por um mecanismo de corda e emite ondas sonoras associadas a um som de "clique".*



Fonte: Paco on Flickr

Módulo: Qualidade de um vetor, que representa seu tamanho.

Exemplo: *Na Figura 01, considerando que cada seta representa um vetor em escala, pode-se utilizar uma régua para medir o módulo dos vetores.*

Movimento Harmônico Simples (MHS): Movimento periódico no qual ocorre uma oscilação em torno de uma posição de equilíbrio devida a uma força restauradora, e em que a energia mecânica total do sistema se conserva, isto é, sem presença de forças dissipativas.

Exemplo: *O movimento do pêndulo dos relógios de pêndulo é um tipo de MHS.*

Onda: Conjunto de vibrações ou oscilações que se propagam através de um meio, material ou não, transportando energia, sem transportar de matéria e, no caso de um meio material, faz a matéria oscilar.

Exemplo: *As ondas são um fenômeno contínuo que ocorre nos mares e oceanos.*

Onda hertziana: Ondas eletromagnéticas descobertas pelo físico alemão Heinrich Hertz (1857-1894) utilizadas para radiodifusão.

Exemplo: *Ao ouvirmos música em rádio AM e FM estamos fazendo uso de ondas hertzianas.*

Onda sonora: Onda mecânica, longitudinal e tridimensional que, ao se propagar e chegar às orelhas de seres ouvintes, gera sensações auditivas conhecidas como som.

Exemplo: *O sistema auditivo de seres ouvintes é acionado pelas ondas sonoras.*

Ondulatória: Ramo da Física que estuda ondas.

Exemplo: *Na Ondulatória, estudamos as características das ondas, como as ondas que se formam no mar.*

Oscilação: Variação periódica de posição em torno de uma posição de equilíbrio. Vibração.

Exemplo: *Quando uma criança oscila num balanço, faz um movimento de vai e vem em torno de uma posição de equilíbrio.*

Ouvido absoluto: Habilidade de identificar ou emitir uma nota musical sem ter um tom de referência. Pessoa que tem essa habilidade. [Não confundir com voz absoluta.]

Exemplo: *O cantor carioca Tim Maia tinha ouvido absoluto.*

Período: Grandeza escalar que expressa o intervalo de tempo entre duas repetições consecutivas.

Unidade de medida no SI: segundo (s).

Símbolo: T.

Exemplo: *Os relógios e aplicativos de celular para controle da frequência cardíaca efetuam a contagem do número de pulsações que ocorrem por intervalo de tempo, permitindo o cálculo do intervalo de tempo em que ocorre cada batimento, isto é, o período.*

Princípio de Huygens: Proposição fundamental da Ondulatória que enuncia: Cada frente de onda se comporta como uma nova fonte de ondas, que se propagam na mesma direção e com a mesma frequência e velocidade de propagação da onda original.

Exemplo: Na figura 02, as circunferências representam frentes de onda, cujos pontos funcionam como fonte de novas ondas, representadas pelos arcos de circunferência.

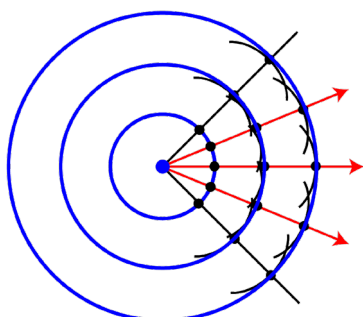


Figura 02

Pulso: Perturbação periódica.

Exemplo: Na ola, coreografia realizada em eventos desportivos, as pessoas levantam-se e erguem os braços em fileiras sucessivas, criando um efeito visual de onda, em que um pulso percorre a arquibancada.

Raio de onda: Seta imaginária que indica a direção e o sentido de propagação de frentes de onda.

Exemplo: Na figura 01, as linhas verticais representam frentes de onda e as setas horizontais vermelhas representam os raios de onda, que indicam a direção e o sentido de propagação das frentes de onda, para a direita.

Reflexão ondulatória: Fenômeno que ocorre quando uma onda que se propaga em um meio incide na superfície de um obstáculo com as frentes de onda numa inclinação com a reta normal à superfície, e retorna para meio de origem, no lado oposto ao da propagação inicial relativamente à reta normal, com a mesma inclinação em relação a ela.

Exemplo: Na figura 03, as setas representam raios de onda incidente e refletida, sendo que

a onda original incidiu sobre uma superfície horizontal num ângulo de incidência i com a reta normal N , e sofreu reflexão ondulatória de tal forma que o raio de onda refletido forma um ângulo de reflexão r em relação à reta normal N , sendo i , r e N coplanares, e r igual a i .

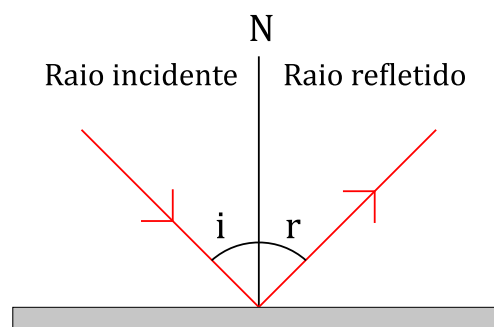


Figura 03

Refração ondulatória: Fenômeno ondulatório em que uma onda sai de um meio e atravessa outro meio com características diferentes, de modo que seu comprimento de onda, sua velocidade e sua direção de propagação mudam, sem ocorrer alteração em sua frequência.

Exemplo: As ondas do mar chegam à praia em direção aproximadamente perpendicular ao sofrerem refração nas profundidades cada vez mais rasas próximas à costa.

Ressonância ondulatória: Fenômeno ondulatório que consiste na vibração de um sistema físico em sua frequência natural de vibração pela influência de outro sistema que vibra com essa frequência.

Exemplo: Quando uma pessoa vibra suas pregas vocais próximo a uma taça de cristal na frequência natural de vibração desta, pode fazer com que ela se quebre por ter entrado em ressonância com ondas sonoras emitidas.

Senóide: Curva gráfica relacionada a uma função matemática do tipo $f(x) = \text{sen } x$, muito utilizada em Matemática Pura e Aplicada, na Física e na Engenharia no estudo de movimentos oscilatórios.

Exemplo: As senóides apresentam sinuosidades, assemelhando-se a ondas trans-

versais, mas não devendo ser confundidas com elas.

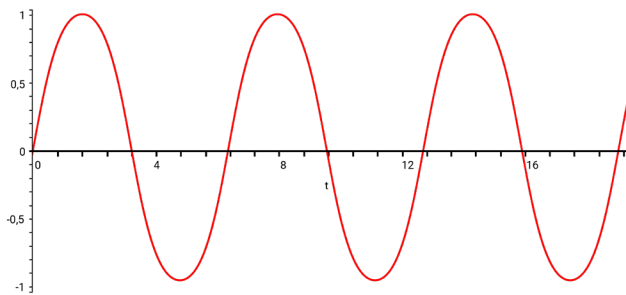


Figura 04

Sentido: Qualidade de um vetor, que representa sua orientação de um ponto a outro.

Exemplo: Na figura 01, os raios de onda têm sentido da esquerda para a direita.

Vetor: Objeto abstrato matemático com qualidades de direção, sentido e módulo, podendo ser representado por uma seta.

Exemplo: Na figura 01, as setas que representam os raios de onda podem simbolizar vetores.

Velocidade de propagação de onda:

Grandeza vetorial que expressa a rapidez com que o pulso de uma onda se desloca.

Exemplo: Na figura 05, que representa uma onda transversal, os vetores \vec{c} representam a velocidade de propagação da onda.

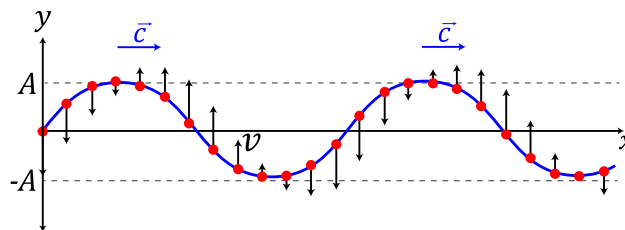


Figura 05



Vibração: Variação periódica de posição em torno de uma posição de equilíbrio. Oscilação.

Exemplo: Quando uma criança oscila num balanço, faz um movimento de vai e vem em torno de uma posição de equilíbrio, semelhantemente ao que ocorre em movimentos de vibração.



Unidades de medida no Sistema Internacional de Unidades (SI)

Grandeza	Símbolo	Tipo	Unidade de medida	Símbolo da unidade de medida
Amplitude	A	escalar	metro	m
Área	S	escalar	metro quadrado	m^2
Comprimento	l	escalar	metro	m
Comprimento de onda	λ	escalar	metro	m
Densidade	μ	escalar	quilograma por metro cúbico	kg/m^3
Frequência	f	escalar	hertz	Hz
Força	F	vetorial	newton	N
Impedância acústica	Z	escalar	pascal-segundo por metro ou quilograma por metro quadrado-segundo ou rayl	$Pa \cdot s/m$ ou $kg/m^2 \cdot s$ ou rayl
Intensidade sonora	I	escalar	watt por metro quadrado	W/m^2
Nível sonoro ou sonoridade	β	escalar	decibel	dB
Período, tempo, intervalo de tempo	T	escalar	segundo	s
Potência	Pot	escalar	watt	W
Velocidade	v	escalar	metro por segundo	m/s
Velocidade média	v_m	vetorial	metro por segundo	m/s

Formulário

Grandeza ou Fórmula	Fórmula	Instrumento de medida
Coeficiente de reflexão sonora	$R = \frac{(Z_1 - Z_2)^2}{(Z_1 + Z_2)^2}$	
Comprimento de onda	em cordas e em tubos abertos $\lambda_n = \frac{2l}{n}$	
	em tubos fechados $\lambda_{n-1} = \frac{4l}{2n - 1}$	
Efeito Doppler	$f_0 = \frac{f_F \cdot v_{som}}{v_{som} \pm v_F}$	
Equação Geral da Ondulatória	$v = \lambda f$	
Fórmula de Taylor	$v = \sqrt{F/\rho} \quad \mu = m/V$	
Frequência	$F = n/\Delta t \quad f = 1/T$	Frequencímetro 
	em cordas e em tubos abertos $f_n = n f_1 \quad f_n = n v / 2l$	
	em tubos fechados $f_{2n-1} = (2n - 1) \cdot f_1$ $f_n = (2n - 1) \cdot v / 4l$	
Impedância acústica	$Z = p/v \quad Z = p \cdot v$	Medidor de impedância acústica 
	Sendo: $p = F /S \quad \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ $\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t \quad \Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$ $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta \vec{x} / \Delta t)$	

Fonte: <https://acesse.dev/fbz3A>.

Grandeza ou Fórmula	Fórmula	Instrumento de medida
Intensidade sonora	$I = Pot/S$ <p>Sendo: $Pot = E/\Delta t$</p> $E = \vec{t} = \vec{F}_R \cdot \Delta \vec{x} $ $\Delta \vec{x} = \vec{x}_f - \vec{x}_i \quad \vec{F}_R = m \cdot \vec{a}$ $\vec{a} = \Delta \vec{v} / \Delta t \quad \Delta \vec{v} = \vec{v}_f - \vec{v}_i$ $\vec{v} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} (\Delta \vec{x} / \Delta t)$	
Nível sonoro ou sonoridade	$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_0} \right)$	<p>Decibelímetro</p>  <p>Fonte: https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=1706777</p>
Período	$T = 1/f$	<p>Cronômetro</p> 
Sonoridade	V. Nível sonoro	
Velocidade média	$\vec{v}_m = \Delta \vec{x} / \Delta t$	

Referências

- AIRTON DA PERCUSSÃO. **Stand by me – arranjo para cordas e copos plásticos.** [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (5 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Rb7ZrBh-FbZY>. Acesso em: 22 out. 2023.
- ASTROLAB MOTION. **Christian Huygens – gênios.** [S.l.: s.n.], 2015. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://youtu.be/oCRall6vul>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CAMILO CONTRERAS MENDIGAÑA. **Reseña biográfica Heinrich Rudolf Hertz y sus ondas electromagnéticas.** [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=B_pV4LFzsYY. Acesso em: 22 out. 2023.
- CIFRA CLUB. **Porque minha voz fica diferente nas gravações (aula de canto).** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (4 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=x3x1VS-pUy8Y>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CLICKTUBE SAÚDE E BEM ESTAR. **Mãe de adolescente – a mudança de voz na adolescência.** [S.l.: s.n.], 2019. 1 vídeo (13 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=y7kgBzpaHBQ>. Acesso em: 22 out. 2023.
- CRUZ, Carlos Henrique. **Bombeiros atendem acidente nos trevos de Manhuaçu e reduto.** *Portal Caparaó.* Disponível em: <https://www.portalcaparao.com.br/noticias/visualizar/33305/bombeiros-atendem-acidentes-nos-trevos-de-manhuacu-e-reduto>. Acesso em: 22 out. 2023.
- DAN NEWBIE. **Ghostbusters theme song on pumpkins – Dan Newbie.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=SYgSYQhrwY4>. Acesso em: 22 out. 2023.
- DAN NEWBIE. **Samba medley with kitchen instruments – Aquarela do Brazil / Mas que nada.** [S.l.: s.n.], 2014. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=0-B-HqsSK0c>. Acesso em: 22 out. 2023.
- DAN NEWBIE. **Stromae on wine glasses – alors on danse (Dan Newbie cover).** [S.l.: s.n.], 2015. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Za52T-V7XPAc>. Acesso em: 22 out. 2023.
- ELTIEMPO.ES. **Máquina de olas artificiales.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (47 seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=6U26qmJ3oos&feature=youtu.be>. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 01 – o oscilador harmônico simples | experimentos – oscilações molas.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (3 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=BfOO1gGPmHE&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=2. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 01 – o oscilador harmônico simples | experimentos – pêndulos simples.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (1 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Ab9OB9Q6QNw&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=1. Acesso em: 22 out. 2023.

- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 02 – oscilações amortecidas | experimentos – amortecimento subcrítico, crítico e supercrítico.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (3 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=h_JOS7ldl48&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=3. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 03 – oscilador harmônico forçado | experimentos – pêndulos acoplados: ressonância.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=xetRMbo35lw&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=5. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 03 – oscilador harmônico forçado | experimentos – ressonância massa mola.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (3 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=7f0h_1z0iBE&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=6. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 03 – oscilador harmônico forçado | experimentos – ressonância: pêndulos acoplados.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=ynzk04wVn6k&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=4. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 04 – osciladores acoplados | experimentos – pêndulo de Wilberforce.** [S.l.:s.n.], 2016. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=khSy3RkosJc&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=7. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 07 – o que são ondas | experimentos – o que são ondas?** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (1 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=yGqfRB4EWEg&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=12. Acesso em: 22 out. 2023.
- FISICA UNIVERSITÁRIA. **Tema 12 – interferências | experimentos – ondas o que são como se propagam e interferência.** [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (2 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=h0kLMLRX9SY&list=PL1Dg4Oxxk_RI2Ppb541vQyaUbqUuXtiuJ&index=19. Acesso em: 22 out. 2023.
- FLÁVIO SIQUEIRA. **Envelhecendo em um minuto.** [S.l.: s.n.], 2008. 1 vídeo (43 s). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7y4gGu5mEWM>. Acesso em: 22 out. 2023.
- G1 SÃO CARLOS E ARARAQUARA EPTV. **Jovem Surdo e Autista Rompe Barreiras e se Torna Violeiro em São Carlos, SP. G1 São Carlos e Araraquara EPTV**, 7 ago. 2016. Disponível em: <https://glo.bo/2aS99a6>. Acesso em: 22 out. 2023.
- HOWSTUFFWORKS. **How clocks work.** [S.l.: s.n.], 2007. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=7RgvXGPFtg8>. Acesso em: 22 out. 2023.
- IJOMATV. **A vida em libras história do Surdo.** [S.l.: s.n.], 2020. 1 vídeo (14 min). Disponível em: <https://youtu.be/kcVHHBQh7hM>. Acesso em: 22 out. 2023.
- LEONARDO CASTILHO. **Os Surdos têm voz | Leonardo Castilho | cabine #11.** [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=Bcq-6GPyMfPo>. Acesso em: 22 out. 2023.
- MANOS E MINAS. **Poeta: Catharine Moreira e Cauê Gouveia.** [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=gnwNDGVg0el>. Acesso em: 22 out. 2023.

- MILTON NASCIMENTO. **Milton Nascimento** – Bola de meia bola de gude. [S.l.: s.n.], 2010. 1 vídeo (5 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=Famu8TS-tHks&ab_channel=tvmiltonnascimento. Acesso em: 22 out. 2023.
- PARADIGMAS. **Espantosa experiência com ressonância**. [S.l.: s.n.], 2013. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=rHvtROxCroA>. Acesso em: 22 out. 2023.
- PRA MATRACAR. **((A Onda, de Manuel Bandeira))**. [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (34 seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=75DGS1U4DD4>. Acesso em: 22 out. 2023.
- PROJETOS MUSICAIS. **Aula de anatomia e fisiologia da voz – Gustavo Ferreira**. [S.l.: s.n.], 2017. 1 vídeo (7 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NF1OXivKM30>. Acesso em: 22 out. 2023.
- PROJETOS MUSICAIS. **Canto: Fisiologia da Voz. Ressonância Magnética de um Cantor Lírico**. [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=NF1OXivKM30>. Acesso em: 22 out. 2023.
- REVISTA ÉPOCA. **Ondas gigantes – parte 1 de 2**. [S.l.: s.n.], 2010. 1 vídeo (4 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=sEjgaDO_cG4. Acesso em: 22 out. 2023.
- REVISTA ÉPOCA. **Ondas gigantes – parte 2 de 2**. [S.l.: s.n.], 2010. 1 vídeo (4 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TmKycPYqi7A>. Acesso em: 22 out. 2023.
- ROBERTTISO. **Musical saw & glass harp with Felice Pantone & Robert Tiso**. [S.l.: s.n.], 2013. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3qwl3jOy-g4w>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SABER LIBRAS. **O que é cultura Surda?**. [S.l.: s.n.], 2020. 1 vídeo (4 min). Disponível em: https://www.youtube.com/watch?v=3e8V_EozhE. Acesso em: 22 out. 2023.
- SABER LIBRAS. **Você conhece os tipos de identidade Surda? (fácil memorização!)**. [S.l.: s.n.], 2020. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=yq-NhDYhkOOM>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SARALUNDBERG1. **Cords hear us and have mercy**. [S.l.: s.n.], 2019. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=5rJ8nCTgZ2Q>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SBCCPHYSICS. **Circular centered Chladni plate**. [S.l.: s.n.], 2011. 1 vídeo (3 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=CGiiSIMFFII>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SBT. **Eliana – veja quem quebrou a taça e faturou prêmio de R\$ 10 mil**. [S.l.: s.n.], 2012. 1 vídeo (6 min). Disponível em: <https://youtu.be/7QxER6Db5f4>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SCRAN53. **Helen Keller speech**. [S.l.: s.n.], 2010. 1 vídeo (9 min). Disponível em: <https://youtu.be/rfr6YO-zLZc>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SLIDE MIDIA. **Harpa de vidro ao vivo – Tchaikovsky – sugar plum fairy**. Cocal-RO, [s.n.], 2011. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=P3ukfhw-p31A>. Acesso em: 22 out. 2023.

- SONS DIFERENTES PRA TROLAR. **Sirene de ambulância - efeito sonoro**. [S.l.: s.n.], 2020. 1 vídeo (35 seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=z11pGgSZrBw>. Acesso em: 22 out. 2023.
- SOUND EFFECTS. **Som de batida de carro – efeito sonoro HD / Sound Effects**. [S.l.: s.n.], 2021. 1 vídeo (10 seg). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=g-LBqb-d2AVU>. Acesso em: 22 out. 2023.
- TACOMA Narrows Bridge destruction. In: Wikipédia: a enciclopédia livre. São Francisco, CA: Fundação Wikimedia, 2005. Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Efeito_Doppler#/media/Ficheiro:Dopplerfrequenz.gif. Acesso em: 22 out. 2023.
- TEDX TALKS. **How social context affects creativity | Dan Newbie | TEDxUniversityOfCentralArkansas**. [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (17 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=cmZ2g6DuGIE>. Acesso em: 22 out. 2023.
- THE EDUCATION GROUP. **O som quebra vidros**. [S.l.: s.n.], 2016. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=ca3JwWiSCv0>. Acesso em: 22 out. 2023.
- TRANSFORMINGART. **(Rare!) Helen Keller & Anne Sullivan (1930 Newsreel Footage)**. [S.l.: s.n.], 2009. 1 vídeo (2 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-Gv1uLff35Uw>. Acesso em: 22 out. 2023.
- UCLAPHYSICSVIDEO. **Spontaneous synchronization**. [S.l.: s.n.], 2013. 1 vídeo (1 min). Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T58lGKREubo>. Acesso em: 22 out. 2023.

cead UFV