

**MNPEF**

Mestrado Nacional  
Profissional em  
Ensino de Física



UNIVERSIDADE  
FEDERAL DO PIAUÍ



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ  
PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO  
CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA  
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA - MNPEF**

**MAURO BEZERRA DE SOUSA**

**APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE  
FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE  
AUSUBEL**

**TERESINA**

**2021**

**MAURO BEZERRA DE SOUSA**

**APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE  
FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE  
AUSUBEL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

Linha de pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira

**TERESINA**

**2021**

MAURO BEZERRA DE SOUSA

**APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE AUSUBEL**

Dissertação apresentada à Coordenação do Curso de Mestrado Profissional em Ensino de Física - Polo 26, da Universidade Federal do Piauí como requisito para obtenção do grau de Mestre em Ensino de Física.

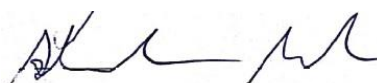
Linha de Pesquisa: Recursos Didáticos para o Ensino de Física.

BANCA EXAMINADORA



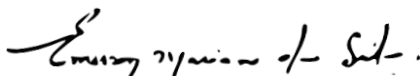
---

Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira – UFPI  
(Orientador)



---

Prof. Dr. Alexandre de Castro Maciel – UFPI  
(Examinador Interno)



---

Prof. Dr. Emerson Mariano da Silva - UECE  
(Examinador Externo)

TERESINA

2021

FICHA CATALOGRÁFICA  
Universidade Federal do Piauí  
Biblioteca Setorial de Ciências da Natureza – CCN  
Serviço de Processamento Técnico

S725a Sousa, Mauro Bezerra de.  
Aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física  
Acústica no ensino médio na perspectiva teórica de Ausubel /  
Mauro Bezerra de Sousa. -- 2021.  
271 f.

Dissertação (Mestrado Profissional) – Universidade Federal  
do Piauí, Centro de Educação Aberta e à Distância (CEAD), Pós-  
Graduação em Ensino de Física, Teresina, 2021.

“Orientador: Prof. Marcos Antônio Tavares Lima”.

1. Ensino de Física. 2. Tecnologia educacional. 3. Ensino-  
Aprendizagem. I. Lima, Marcos Antônio Tavares. II. Título.

CDD 530.7

*Dedico este trabalho a minha querida e amada Mãe: Ormezinda Bezerra de Sousa.*

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus pela sua grandiosidade beleza e que está sempre iluminando a minha vida e mostrando os caminhos para os quais eu devo seguir.

A minha querida e amada Mãe, pelo seu carinho, atenção e amor e que sempre esteve comigo em todos os momentos da minha existência.

Aos meus irmãos e amigos que me incentivaram e acreditaram no meu potencial.

A minha querida, amada e dedicada esposa, que teve a paciência de ouvir e tirar dúvidas neste trabalho.

À Sociedade Brasileira de Física (SBF) e a CAPES, através do Programa de Pós-Graduação em ensino de Física.

Aos professores do Mestrado Profissional no Ensino de Física.

Ao Professor Dr. Marcos Antônio Tavares Lira pela paciência e sabedoria nos esclarecimentos necessários no desenvolvimento da pesquisa.

Aos meus amigos Luciano Cabral, Miguel Ângelo e Edmar Rêgo pela amizade e companheirismo.

*“ O fator isolado mais importante que influencia a aprendizagem é aquilo que o aprendiz conhece. Descubra o que ele sabe e baseie nisso os seus ensinamentos ”*

*(David Ausubel)*

## RESUMO

A proposta de ensino deste trabalho de pesquisa foi o desenvolvimento de um aplicativo Android a ser utilizado como recurso didático nas aulas de Física Acústica no Ensino Médio, na perspectiva teórica da aprendizagem significativa de Ausubel. O problema de pesquisa é: quais as possibilidades de aprendizagem significativa da Física Acústica em Ausubel, tendo como recurso didático um aplicativo Android? Para o desenvolvimento do aplicativo Android foram utilizadas a linguagem de programação Java e as plataformas Backend Stripe no Heroku. Esse trabalho teve como objetivo geral desenvolver um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. O referencial teórico base desta pesquisa é a Teoria da Aprendizagem Significativa, cujo foco central é a estrutura cognitiva do aluno, ou seja, o que ele sabe. A teoria estabelece que os novos conteúdos a serem ensinados devam estar ancorados num subsunçor. Na falta de subsunçores na estrutura cognitiva do aluno, deve-se recorrer aos organizadores prévios, que são materiais ou recursos didáticos que potencializem a aprendizagem. Para este trabalho foi realizada uma pesquisa de campo e de natureza quali-quantitativa com alunos do 3<sup>o</sup> ano do Ensino Médio da Escola de Centro de Ensino e Tempo Integral - CETI Helvídio Nunes, localizada na rua Magalhães Filho, bairro Marquês, cidade de Teresina. O percurso metodológico e os instrumentos para produção de dados adotados foram os seguintes: 1) aulas expositivas envolvendo os conteúdos de Física acústica e instrumentos musicais; 2) aplicação de um questionário semiestruturado (pré-teste), a fim de verificar o conhecimento prévio dos alunos em relação a área de Física acústica e instrumentos musicais; 3) procedimento experimental com uso do osciloscópio, que captura e reconhece o som emitido pelos instrumentos musicais; 4) aplicação de um novo questionário (pós-testes) para verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa em Ausubel; 5) Análise e discussão do trabalho. O procedimento de análise de dados adotado levou em conta a Análise de Conteúdos de Laurence Bardin. Verificou-se através dos resultados da pesquisa que a proposta de desenvolvimento de um aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física do Ensino Médio contribuiu para melhorar o processo de ensino e aprendizagem dos conteúdos relacionados à área de Física Acústica e dos instrumentos musicais. As aulas foram interessantes e ricas de significados para os estudantes.

**Palavras-chave:** subsunçores, aprendizagem, organizadores prévios.



## **ABSTRACT**

The teaching proposal of this research work was the development of an Android application to be used as a didactic resource in Acoustic Physics classes in High School in the theoretical perspective of Ausubel's significant learning. The research problem is: what are the possibilities for significant learning of Acoustic Physics in Ausubel, using an Android application as a teaching resource? For the development of the Android application, the Java programming language and the Backend Stripe platforms were used in Heroku. This work aimed to develop an Android application in order of understanding the contents related to the area of Acoustic Physics in High School in the theoretical perspective of Meaningful Learning by David Ausubel. The basic theoretical framework of this research is the Theory of Meaningful Learning, whose central focus is the student's cognitive structure, that is, what he knows. The theory establishes that the new content to be taught must be anchored in a subunit. In the absence of subsunitions in the student's cognitive structure, previous organizers should be used, which are didactic materials or resources that enhance learning. For this research, a field and qualitative and quantitative research was carried out with students from the 3rd year of high school at the CETI Helvídio Nunes School, located at Rua Magalhães Filho, Marquês neighborhood, in Teresina city. The methodological path and the instruments for data production adopted were as follows: 1) lectures involving the contents of acoustic physics and musical instruments; 2) application of a semi-structured questionnaire (pre-test), in order to verify the students' prior knowledge in relation to the area of acoustic physics and musical instruments; 3) experimental procedure using the oscilloscope, which captures and recognizes the sound emitted by musical instruments; 4) application of a new questionnaire (post-tests) to verify whether the proposal to use the Android application as a teaching resource enables significant learning in Ausubel; 5) Analysis and discussion of the work. The data analysis procedure adopted took into account Laurence Bardin's Content Analysis. It was found through the results of the research that the proposal to develop an Android application as a didactic resource in high school physics classes contributed to improve the teaching and learning process of content related to the area of acoustic physics and musical instruments. The classes were interesting and rich in interesting meanings for the students.

**Keywords: subsunitors, learning, previous organizers**

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1:</b>	Onda transversal.....	34
<b>Figura 2:</b>	Onda longitudinal.....	35
<b>Figura 3:</b>	Oscilações em uma corda.....	36
<b>Figura 4:</b>	Deslocamento de uma onda senoidal .....	37
<b>Figura 5:</b>	Ondas progressivas no instante $t = 0$ .....	38
<b>Figura 6:</b>	Ondas progressivas no instante $t$ .....	38
<b>Figura 7:</b>	Ondas senoidais .....	39
<b>Figura 8:</b>	Fase e constante de fase em relação à distância .....	42
<b>Figura 9:</b>	Fase e constante de fase em relação ao tempo .....	42
<b>Figura 10:</b>	Superposição de ondas .....	43
<b>Figura 11:</b>	Interferência de ondas .....	44
<b>Figura 12:</b>	Ondas estacionárias .....	45
<b>Figura 13:</b>	Nós e antinós de uma onda estacionária .....	47
<b>Figura 14:</b>	Ondas sonoras em um tambor .....	49
<b>Figura 15:</b>	Onda transversal e uma onda longitudinal .....	49
<b>Figura 16:</b>	ondas estacionárias em uma corda .....	53
<b>Figura 17:</b>	Tubo sono – duas extremidades abertas .....	54
<b>Figura 18:</b>	Tubo sonoro – harmônico fundamental .....	55
<b>Figura 19:</b>	Harmônicos em um tubo aberto .....	55
<b>Figura 20:</b>	Harmônico em um tubo com uma extremidade aberta .....	56
<b>Figura 21:</b>	Ondas individuais .....	58
<b>Figura 22:</b>	Onda resultante – batimentos .....	59
<b>Figura 23:</b>	Flauta de pã .....	60
<b>Figura 24:</b>	Violão .....	61
<b>Figura 25:</b>	Instrumentos de percussão .....	62
<b>Figura 26:</b>	Instrumentos de tecla .....	62
<b>Figura 27:</b>	Vista aérea do bairro Marques.....	75
<b>Figura 28:</b>	Localização da escola CETI Helvídio Nunes.....	76
<b>Figura 29:</b>	CETI Helvídio Nunes .....	79
<b>Figura 30:</b>	Aula experimental com aplicativo e instrumentos musicais.	85
<b>Figura 31:</b>	Modelo em cascata do desenvolvimento do aplicativo.....	86

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1:</b>	Aplicativos educacionais na área de Física .....	70
<b>Quadro 2:</b>	Cronograma do plano de trabalho da pesquisa.....	84

## LISTA DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b>	Conceitos fundamentais .....	103
<b>Gráfico 2:</b>	Grandezas físicas .....	104
<b>Gráfico 3:</b>	Fenômenos ondulatórios .....	105
<b>Gráfico 4:</b>	Produção dos sons nos instrumentos musicais .....	106
<b>Gráfico 5:</b>	Instrumentos musicais .....	107
<b>Gráfico 6:</b>	Sons dos instrumentos musicais .....	108
<b>Gráfico 7:</b>	Aparelho auditivo humano .....	110
<b>Gráfico 8:</b>	Diferença entre as notas musicais .....	111
<b>Gráfico 9:</b>	Nota de menor frequência .....	113
<b>Gráfico 10:</b>	Nota de maior frequência .....	114
<b>Gráfico 11:</b>	Nota mais aguda .....	115
<b>Gráfico 12:</b>	Nota mais grave .....	116
<b>Gráfico 13:</b>	Produção e propagação das ondas sonoras .....	117
<b>Gráfico 14:</b>	Timbre, amplitude e frequência .....	118
<b>Gráfico 15:</b>	Conceitos fundamentais .....	129
<b>Gráfico 16:</b>	Grandezas físicas .....	130
<b>Gráfico 17:</b>	Produção dos sons nos instrumentos musicais .....	130
<b>Gráfico 18:</b>	Tipos de instrumentos musicais .....	132
<b>Gráfico 19:</b>	Timbre, amplitude e frequência .....	132
<b>Gráfico 20:</b>	Diferentes tipos de timbre .....	133
<b>Gráfico 21:</b>	Características das ondas sonoras .....	134
<b>Gráfico 22:</b>	Espectro sonoro .....	134
<b>Gráfico 23:</b>	Diferença de som nos instrumentos musicais .....	135
<b>Gráfico 24:</b>	Diferença nas notas musicais no piano .....	136
<b>Gráfico 25:</b>	Menor frequência .....	137
<b>Gráfico 26:</b>	Nota de maior frequência .....	138
<b>Gráfico 27:</b>	Nota mais aguda .....	139
<b>Gráfico 28:</b>	Nota mais grave .....	139
<b>Gráfico 29:</b>	Quiz .....	146
<b>Gráfico 30:</b>	Osciloscópio .....	147
<b>Gráfico 31:</b>	Conteúdos e links .....	148

## LISTA DE PRINTS DO APLICATIVO

<b>Print 1:</b>	Logo do aplicativo Física Acústica Fácil.....	88
<b>Print 2:</b>	Tela com menus do aplicativo Física Acústica Fácil.....	88
<b>Print 3:</b>	Conteúdo do aplicativo .....	89
<b>Print 4:</b>	Conceitos Fundamentais de Física acústica .....	90
<b>Print 5:</b>	Fenômenos ondulatórios.....	91
<b>Print 6:</b>	Ondas periódicas .....	92
<b>Print 7:</b>	Física acústica.....	93
<b>Print 8:</b>	O ouvido humano .....	94
<b>Print 9:</b>	Fenômenos ondulatórios – ondas sonoras .....	95
<b>Print 10:</b>	Instrumentos musicais .....	96
<b>Print 11:</b>	Questionário .....	97
<b>Print 12:</b>	Links e curiosidades sobre Física acústica .....	98
<b>Print 13:</b>	Quiz .....	99
<b>Print 14:</b>	Onda captada pelo osciloscópio .....	100
<b>Print 15:</b>	Espectro sonoro .....	101

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1:</b>	Frequência e amplitude no violão .....	126
<b>Tabela 2:</b>	Frequência e amplitude na escaleta .....	126
<b>Tabela 3:</b>	Frequência e amplitude na escaleta .....	127
<b>Tabela 4:</b>	Resultado – Pré-teste e Pós-teste .....	143

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BNCC	Base Nacional Comum Curricular
CETI	Centro de Ensino de Tempo Integral
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio
FGV	Fundação Getúlio Vargas
LDB	Lei de Diretrizes e Bases da Educação
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
PCNs	Parâmetros Curriculares Nacionais
PCN+	Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais
SEDUC	Secretaria de Estado de Educação no Piauí
SEMPPLAN	Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação
NTDICs	Novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>17</b>
<b>2</b>	<b>O ENSINO DE FÍSICA NO CENÁRIO BRASILEIRO E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL</b>	<b>22</b>
<b>3</b>	<b>FÍSICA ACÚSTICA: CONCEITOS FUNDAMENTAIS.....</b>	<b>31</b>
3.1	Introdução .....	31
3.2	Conceito de onda .....	31
3.3	Natureza das ondas .....	32
3.4	Ondas mecânicas .....	33
3.5	Quanto à direção de vibração .....	33
3.6	Quanto às dimensões .....	35
3.7	Introdução às ondas progressivas .....	36
3.8	Ondas progressivas .....	38
3.8.1	Ondas senoidais.....	39
3.8.2	Fase e constante de fase .....	41
3.9	O princípio da superposição .....	42
3.10	Interferência de ondas .....	43
3.11	Ondas estacionárias .....	45
3.12	Ondas sonoras .....	47
3.13	A Velocidade do Som .....	50
3.14	Intensidade e Nível Sonoro .....	51
3.15	Nível de intensidade sonora .....	52
3.16	Fontes de Sons Musicais .....	52
3.17	Batimentos .....	57
3.18	Física dos instrumentos musicais .....	59
<b>4</b>	<b>NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO .....</b>	<b>64</b>
4.1	Uso de aplicativos no Ensino .....	67
4.2	O uso de Aplicativos no Ensino de Física .....	68
<b>5</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>74</b>
5.1	Caracterização da pesquisa .....	74
5.2	Campo empírico .....	75
5.3	Sujeitos participantes .....	79



5.4	Percurso metodológico/Instrumentos de produção de dados .....	80
5.5	Desenvolvimento do aplicativo.....	85
5.6	Procedimento de análise de dados .....	101
<b>6</b>	<b>ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....</b>	<b>103</b>
6.1	Análise quantitativa do pré-teste.....	103
6.2	Análise quali-qualitativa do pré-teste.....	118
6.3	Análise da atividade experimental.....	121
6.4	Análise quantitativa do pós-teste .....	129
6.5	Análise qualitativa do pós-teste .....	140
6.6	Análise comparativa entre pré-teste e pós-teste .....	140
6.7	Avaliação do trabalho e produto educacional.....	144
<b>7</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>149</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>151</b>
	<b>APÊNDICE .....</b>	<b>159</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O ensino de Física no Brasil é caracterizado pela ausência da prática experimental, dependência do livro didático, reduzido número de aulas, predomínio do método expositivo, currículo desatualizado e descontextualizado e profissionalização insuficiente do professor (COSTA; BARROS, 2015)

Nas escolas públicas ainda prevalece um ensino que é caracterizado pela ausência de laboratórios de ciências, indisponibilidade de recursos tecnológicos, desvalorização da carreira docente e formação docente descontextualizada, excesso na aplicação e explicação de modelos matemáticos, memorização de fórmulas, resolução de exercícios e problemas.

Tudo isso acaba constituindo-se em um obstáculo pedagógico ao processo de ensino-aprendizagem de Física, nos diferentes níveis e modalidades da escolarização, criando impactos negativos sobre o entendimento e interesse por esta ciência (COSTA; BARROS, 2015)

Diante desse cenário, é preciso construir uma nova visão de conhecimento na área de Física, principalmente, no que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem desta ciência.

A esse respeito, os Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN'S (BRASIL, 2000) apontam que o processo de ensino-aprendizagem em Física deverá estar voltado à formação de um cidadão contemporâneo, atuante, solidário e crítico, com instrumentos que possibilitem ao estudante meios de compreender, intervir e participar da realidade em que vive.

Nesse entendimento, as propostas de mudanças estabelecidas pelas Diretrizes apresentadas nos PCN+ para o Ensino de Física (BRASIL, 2002) requerem um conjunto de competências para lidar com o mundo físico. Essas competências devem ser trabalhadas de forma contextualizada, sendo articuladas, inter-relacionadas e integradas com competências de outras áreas de conhecimento, as quais também atendam e estejam direcionadas para as competências dos estudantes.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas, que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato, quanto na compreensão do universo.

Os objetivos propostos pelos PCN+ na área de Física (BRASIL, 2002) não se restringem apenas ao desenvolvimento de competências e habilidades. Elas devem estar integradas com outras áreas de conhecimento e com o cotidiano dos estudantes. Entretanto, para que isso ocorra efetivamente, são necessárias ações e intervenções mais concretas no processo ensino-aprendizagem.

Deve-se buscar a organização de atividades que possam ser trabalhadas em sala de aula de forma didática, utilizando critérios rigorosos nas escolhas de conteúdo, que serão trabalhados pelo professor. Caso as ações sejam bem coordenadas em sala de aula, pelo professor, será possível dar, aos estudantes, possibilidades de estruturar e organizar o desenvolvimento de competências, habilidades, conhecimentos, atitudes, valores pessoais e cultura científica. Dessa forma, entende-se que, competências em Física, para a vida, se constroem em um presente contextualizado, em articulação com competências de outras áreas, impregnadas de outros conhecimentos.

No que diz respeito ao Ensino de Física, tomando como base a minha experiência enquanto professor de Física da Educação Básica, há mais de 17 anos, em nosso país e, de modo particular, no Estado do Piauí, ainda prevalece um ensino onde o estudante recebe muitas informações prontas e acabadas, e, no final, não consegue desenvolver o próprio senso crítico.

A educação precisa romper com a metodologia tradicional, buscando modelos e métodos educacionais mais eficazes, a fim de tornar o processo ensino-aprendizagem algo mais significativo, aproximando, cada vez mais, os estudantes desta ciência e de suas aplicações.

A metodologia tradicional de ensino, aquela que ocorre dentro do espaço da sala de aula, onde o professor prepara o conteúdo previamente e o transmite aos estudantes, e tem como função assimilar e memorizar o que foi ensinado, não atende mais às perspectivas do ensino de Física (MOREIRA, 2018)

Diante do cenário atual, não há mais espaço para ensinar só fórmulas e resolver exercícios prontos e acabados em sala de aula, e preparar o aluno exclusivamente para vestibulares ou Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O ensino de Física requer mudanças em relação à abordagem desta Ciência (metodologias, currículo, conteúdos, prática pedagógica).

A teoria da aprendizagem significativa é uma possibilidade que visa romper com o paradigma tradicional e permitir o desenvolvimento de uma postura didático-

metodológica, que desperte a curiosidade e o interesse dos estudantes para aprender (HONORATO et al, 2018)

A ideia fundamental da teoria de David Ausubel é a de que a aprendizagem significativa é um processo em que novas informações ou novos conhecimentos estejam relacionados com um aspecto fundamental ou relevante, que existe na estrutura mental de cada indivíduo. Ela procura explicar os mecanismos internos da estrutura do conhecimento e da aprendizagem, ou seja, a ancoragem de novas informações em conceitos anteriormente elaborados dentro da estrutura cognitiva do indivíduo (MOREIRA, 2011)

Segundo Moreira (2010), na aprendizagem significativa o estudante seleciona, em sua estrutura de conhecimento, as informações e os conceitos potencialmente relevantes, que sejam necessários para apreender e dar significado aos novos dados, relacionando o novo conteúdo com aqueles que já possui, identificando as semelhanças e diferenças, reorganizando-os e reelaborando-os. É um aprendizado ativo, no qual o estudante está construindo o seu conhecimento a partir daqueles que já possui.

Uma das ferramentas que podem potencializar o processo de ensino-aprendizagem em sala de aula e favorecer a aquisição de novos conhecimentos para os estudantes são as novas tecnologias educacionais digitais. A utilização desses recursos na educação, favorece a obtenção de uma aprendizagem significativa, permitindo a formação de jovens cada vez mais criativos, inovadores e autônomos (SILVA; FILHO, 2017)

De acordo com Melo (2015), as novas tecnologias criam um ambiente nas sociedades atuais, promovendo mudanças na maneira como realizamos nossas tarefas no nosso dia a dia e como nos relacionamos com as outras pessoas. Essas mudanças, inevitavelmente, refletem na nossa educação, sendo que, cada recurso tecnológico que se apresenta ressignifica e amplia a maneira como construímos e lidamos com o conhecimento. Através dos avanços tecnológicos surgem possibilidades de criação de novas estratégias de ensino.

Rosa et al (2017) informam que o uso das novas tecnologias educacionais como subsídio didático tem sido cada vez mais requisitado por alunos e professores e, aos poucos, vem se consolidando como um importante e indispensável ferramenta no contexto educacional. Mais do que uma alternativa didática, é um recurso

imprescindível para a aprendizagem, sobretudo em áreas diretamente vinculadas à tecnologia, como é o caso da Física.

Entre as novas tecnologias educacionais digitais, que podem incorporados como recursos didáticos nas aulas de Física, temos a web conferência, formulários eletrônicos, hipertexto, simuladores, aplicativos, livro digital, laboratório digital, que podem ser usadas em smartphones, tablets e computadores.

Nesse sentido, visando aproximar o estudante da Física e das novas tecnologias educacionais digitais, temos o seguinte problema: quais as possibilidades de aprendizagem significativa da Física Acústica em Ausubel, tendo como recurso didático um aplicativo Android?

Acredita-se que a proposta de desenvolvimento de um aplicativo Android como recurso didático na perspectiva de Ausubel contribuirá para melhorar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos relacionados à área de Física Acústica, tornando as aulas mais interessantes e ricas de significados para os estudantes.

Ao longo dessa caminhada, atuando como professor do Ensino Médio, percebi que muitos estudantes apresentam sérias dificuldades de aprendizagem na área de Física Acústica. Primeiro, por entender que esses estudantes não conseguem compreender, ou melhor, entender e aplicar os conceitos básicos dessa área em situações práticas, do cotidiano, ou seja, em determinados fenômenos que ocorrem na natureza. Essa falta de compreensão e entendimento acaba criando um obstáculo na aprendizagem do estudante, desmotivando-o e, conseqüentemente, afastando-o desta área de conhecimento.

Ao refletir sobre a minha prática pedagógica e dos meus pares em sala de aula, comecei a me questionar acerca das dificuldades enfrentadas pelos alunos em relação à aprendizagem da Física Acústica. Assim, na tentativa de integrar o conhecimento físico com a realidade desses alunos, nasceu a ideia de desenvolver novas estratégias de ensino, para que, desse modo, pudesse fazer aulas diferentes, que fugissem dos padrões dos paradigmas tradicionais, calcados na memorização e na "prática bancária" (FREIRE, 1996), sem possibilitar o desenvolvimento crítico e reflexivo, seja do professor ou dos estudantes.

A pesquisa teve como objetivo geral desenvolver um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Nesse sentido, os objetivos específicos foram os seguintes: (1) discutir os conceitos fundamentais de Física Acústica, aplicando-os ao mecanismo de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais; (2) verificar o conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio acerca da Física Acústica e dos instrumentos; (3) utilizar o osciloscópio presente no produto educacional (Aplicativo Física Acústica Fácil), para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta); (4) propor atividades extraclasse envolvendo o uso do produto educacional para resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais); (5) verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de Ausubel.

A contribuição científica deste trabalho se dá na medida em que possibilita melhorar o ensino de Física Acústica e proporcionar aos estudantes do ensino médio o acesso a informações relevantes a conceitos físicos desta área.

O próximo capítulo trata sobre o ensino de Física no cenário brasileiro e a importância da Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

## **2 O ENSINO DE FÍSICA NO CENÁRIO BRASILEIRO E A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA DE DAVID AUSUBEL**

A pesquisa em ensino de Física no Brasil teve início nos anos 80 e apresenta longa tradição e reconhecimento internacional. Desde o surgimento e consolidação desta área são realizadas Encontros nacionais, publicações de artigos em revistas de pesquisa em ensino de Física ou ensino de Ciências, congressos, simpósios, oficinas, projetos, livros e demais materiais.

Apesar da longa tradição e reconhecimento internacional o ensino de Física em nosso país está em crise. A carga horária da disciplina é reduzida. As aulas de laboratório praticamente não existem. Faltam professores de Física. A interdisciplinaridade e a transdisciplinaridade são confundidas com não disciplinaridade. Os conteúdos curriculares são abordados da maneira mais tradicional, centrada no professor, baseada no modelo de narrativa, na educação bancária e no comportamentalismo (MOREIRA, 2018).

Moreira (2017) aponta outras razões para esta crise, entre elas destacam-se, a desvalorização da carreira docente na Educação Básica no Brasil, as péssimas condições do trabalho, os baixos salários, excesso de estudantes nas salas de aula, elevada carga horária semanal, falta de apoio na formação continuada, os currículos não passam de uma lista de conteúdo a serem cumpridos e preparação dos estudantes para a testagem. No Ensino Superior as condições de trabalho, em geral, são muito boas, entretanto, o ensino de Física nesse nível é tradicional, centrado no docente, na memorização de fórmulas a serem aplicadas na resolução de problemas conhecidos.

Moreira (2018) destaca que o impacto da pesquisa básica no ensino de Física é muito pequeno e geralmente são publicados em revistas destinadas a pesquisadores. Predomina no meio acadêmico uma cultura publicacionista, trivializada, comercializada e predatória. Os professores não participam dessa pesquisa, não leem os artigos publicados nessas revistas, não se sentem pesquisadores, não recebem apoio institucional para serem professores pesquisadores. Além disso, um sério problema detectado no ensino de Física, e de outras disciplinas, é a testagem. Os Professores preparam os estudantes para as provas, para as respostas corretas a serem reproduzidas em exames locais, nacionais

e internacionais. Uma visão comportamentalista, mercadológica e massificadora do ensino.

O ensino é centrado nas aulas expositivas e listas de problemas, quadro-de-giz ou em Slides em PowerPoint, livro de texto único (ou apostila única), conteúdos desatualizados, aprendizagem mecânica de fórmulas e respostas corretas e as novas Tecnologias Digitais de Informação e Comunicação (TDICs) não permeiam o ensino de Física.

Moreira (2018) enfatiza que a principal razão da não incorporação das TDICS no ensino de Física na atualidade é o foco no treinamento para as provas, a ênfase nas respostas corretas, no emprego de fórmulas para resolver problemas conhecidos. Simulações computacionais, modelagem computacional, laboratórios virtuais, smartphones e tablets não são integrados ao ensino de Física, em pleno século XXI.

Costa e Barros (2015) enfatizam que o ensino de Física nas escolas brasileiras ainda apresenta como característica a valorização do aspecto formal-quantitativo, onde os professores ficam submetidos às metodologias tradicionais de ensino, as quais, de certa forma, implicam no distanciamento da Física em relação à realidade do estudante.

Apesar das dificuldades mencionadas, os professores devem buscar novas estratégias de trabalhar os conteúdos de Física em sala de aula de forma mais criativa, fazendo com que os estudantes sejam agentes de transformação do conhecimento e do saber científico e cultural, capacitando-os em suas habilidades e competências e inovando em novas metodologias e ferramentas educacionais, para que aprendam com mais facilidade e eficiência esta ciência.

No que diz respeito ao processo de ensino-aprendizagem, os PCN (BRASIL, 2000) sustentam a ideia de que o ato de ensinar não é apenas a transferência de conhecimentos, repasse de conceitos e ideias prontas. É, sim, saber utilizar-se do conhecimento para transformar a realidade no mundo em que se vive, dessa forma, criando um novo paradigma educacional. E para que isso ocorra, é necessário quebrar essas algemas, que paralisam o ensino de Ciências e o Ensino de Física.

Diante dessas considerações, uma base teórica que pode sustentar esta proposta de trabalho e que pode ser aplicada em sala de aula, tendo como foco central o processo ensino e aprendizagem, é a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel. A título de esclarecimentos, Paixão e Ferro (2015, p. 103):



O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, que pode ser entendida como um processo em que novas informações ou novos conhecimentos interagem com um aspecto relevante existente na estrutura cognitiva inicial do aluno.

Na verdade, essa perspectiva teórica leva em conta aquilo que o aluno sabe, sendo de fundamental importância para o seu próprio crescimento intelectual - o conhecimento prévio do sujeito.

Silva e Buss (2019) destacam que a estrutura cognitiva de cada aluno é extremamente organizada e hierarquizada, pois é nesta estrutura que se ancoram e se reordenam novos conceitos e ideias, que o indivíduo vai, progressivamente, internalizando. A aprendizagem acontece na ampliação da estrutura cognitiva, através da produção de novas ideias.

Nessa mesma linha de raciocínio, Moreira (2009, p. 8, grifo do autor), afirma que:

O conceito central da teoria de Ausubel é o de aprendizagem significativa, um processo através do qual uma nova informação se relaciona, de maneira substantiva (não literal) e não arbitrária, a um aspecto relevante da estrutura cognitiva do indivíduo. Nesse processo a nova informação interage com uma estrutura de conhecimento específica, a qual Ausubel chama de conceito “subsunçor” ou, simplesmente “subsunçor”, existente na estrutura cognitiva de quem aprende.

Vale esclarecer e destacar que o subsunçor é um termo que Ausubel utilizava para tratar da estrutura de conhecimento específica, ao qual o novo conhecimento vai interagir. E, para usar a estrutura cognitiva, é fundamental fazer um mapeamento desta. Não é fácil de ser conseguido, e ensinar a partir disto é algo mais trabalhoso.

Ribeiro, Silva e Koscianski (2012, p. 3) informam que:

Subsunçor é nada mais, nada menos do que uma ideia já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Os subsunçores são os responsáveis por fazerem a interação ou ponte cognitiva daquilo que já se sabe com a nova informação. É através do subsunçor preexistente que o aprendiz poderá fazer uma âncora com a nova informação, promovendo, desta forma, uma aprendizagem significativa, menos mecânica e com mais sentido e rica de significados.

Moreira (2012) destaca que na falta dos subsunçores, utilizem-se os organizadores prévios, que são mecanismos ou recursos didáticos, que auxiliam na preparação de ideias âncoras. Para a construção de um subsunçor é necessário

desenvolver um processo de captação, internalização, diferenciação e reconciliação de significados, dessa forma, a aprendizagem ficará mais dinâmica e significativa.

Silva e Buss (2019) destacam que:

O subsunçor pode ser entendido como uma estrutura específica e organizada que compõe aquilo que o aprendiz já sabe. É um arcabouço que pode servir de ancoradouro para as novas informações que ele recebe. Uma vez que os novos conhecimentos consigam interagir com aquilo que o aprendiz já tem internalizado, fazendo relações e conexões e, por isso, modificando a estrutura pré-existente e alinhando-se a esse sistema, a aprendizagem é dita significativa. A estrutura cognitiva dos indivíduos é, em geral, extremamente organizada, possuindo uma ordem de conceitos que foram acumulados de experiências que o aprendiz já vivenciou. O que foi aprendido significativamente pode vir a tornar-se um novo subsunçor para uma nova aprendizagem.

O subsunçor é uma estrutura específica, que possibilita fazer relações e conexões com outros conhecimentos, promovendo mudanças significativas naquilo que o aluno já sabe em sua estrutura cognitiva.

Para que ocorram novas aprendizagens na estrutura cognitiva do aluno, aprofundando o seu conhecimento prévio, é fundamental a escolha de organizadores prévios que potencializem aquilo que o aluno já sabe na sua estrutura cognitiva.

Em relação aos organizadores prévios, Moreira (2012, p.11) destaca que:

O organizador prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem. Não é uma visão geral, um sumário ou um resumo que geralmente estão no mesmo nível de abstração do material a ser aprendido. Pode ser um enunciado, uma pergunta, uma situação-problema, uma demonstração, um filme, uma leitura introdutória, uma simulação. Pode ser também uma aula que precede um conjunto de outras aulas. As possibilidades são muitas, mas a condição é que preceda a apresentação do material de aprendizagem e que seja mais abrangente, mais geral e inclusivo do que este.

Os organizadores prévios são essenciais para estabelecer uma ligação ou ponte cognitiva entre o conhecimento prévio do aluno e os novos conhecimentos. Feita essa relação, isto irá conduzi-los à diferenciação progressiva, depois à reconciliação integradora e, finalmente, à consolidação. Ao final desse processo, o conhecimento prévio do aluno (aquilo que ele já sabe) e o novo conhecimento serão lapidados, ou moldados, e compreendidos pelos alunos, de forma significativa.

Ainda de acordo com Moreira (2012), os organizadores prévios são extremamente úteis para facilitar a aprendizagem, podendo fornecer ideias âncora

para o aprendizado do novo material e também para estabelecer relações entre ideias, proposições e conceitos já existentes na estrutura cognitiva do aluno e presentes no material de aprendizagem. Os organizadores prévios representam uma estratégia para manipular a estrutura cognitiva do aluno, a fim de facilitar a aprendizagem significativa.

Na visão de Ribeiro, Silva e Koscianski (2012), o subsunçor é uma ideia já presente na estrutura cognitiva do aprendiz. Os subsunçores são os responsáveis por fazerem a interação ou ponte cognitiva daquilo que já se sabe com a nova informação. É através do subsunçor preexistente que o aprendiz poderá fazer uma âncora com a nova informação, promovendo, desta forma, uma aprendizagem significativa, menos mecânica e com mais sentido e rica de significados. Corroborando com os autores citados anteriormente, Silva e Schirlo (2014) dão o seguinte exemplo: no ensino de velocidade, o conceito de velocidade média poderá ter significado para o aluno, se esse conceito for relacionado com outro conteúdo, como unidades de medida, que já existe na sua estrutura cognitiva. Assim, os conhecimentos prévios sobre medida, unidades de medida, entre outros, ajudarão na elaboração do conceito de velocidade, pois eles funcionarão como ancoradouros (subsunçores) para o novo conceito.

Reforçando, Silva et al (2016) destacam que é fundamental que o aprendiz tenha subsunções relevantes na sua estrutura cognitiva, para que ele ancore novos conceitos e que estes estejam organizados de maneira não arbitrária e de maneira relacionável com a estrutura cognitiva, ou seja, com seus subsunçores.

Segundo Moreira (2012), ao discutir a teoria da aprendizagem significativa, informa que, o armazenamento de informações na mente é um processo altamente organizado, formando uma espécie de hierarquia conceitual, na qual elementos mais específicos do conhecimento são ligados a (e assimilados por) conceitos, ideias, proposições mais gerais e inclusivos.

Dessa forma, Paixão e Ferro (2015, p. 103) entendem que:

A aprendizagem é muito mais significativa à medida que o novo conteúdo é incorporado às estruturas de conhecimento do aluno e adquire significado para ele a partir da relação com seu conhecimento prévio. Ao contrário, ela se torna mecânica ou repetitiva, uma vez que se produziu menos essa incorporação e atribuição de significado, e o novo conteúdo passa a ser armazenado isoladamente ou por meio de associações arbitrárias na estrutura cognitiva.

Na aprendizagem mecânica a nova informação é armazenada de forma arbitrária, não há interação com o conhecimento prévio do estudante. Ela incorpora conceitos de forma isolada e o estudante apenas decora o que deveria ser aprendido.

Segundo Moreira (2011) a aprendizagem mecânica é necessária na fase inicial de novos conhecimentos, quando não existem conceitos relevantes, com os quais o estudante possa interagir. Em geral, envolve alto grau de novidade para o estudante, mas quando é assimilada, passa a integrar ou criar novas estruturas cognitivas.

Paixão e Ferro (2015) destacam que os dois tipos de aprendizagem, a mecânica, que ocorre por recepção, e a significativa, por descoberta, embora sejam diferentes, podem ocorrer juntas, uma auxiliando a outra, dentro de um processo de ensino-aprendizagem. Entretanto, a aprendizagem significativa deve ser preferida, pois, esta facilita a aquisição de significados, a retenção e a transferência do que foi aprendido. Ela permite entender o processo de modificação do conhecimento e reconhecer a importância dos processos mentais nesse desenvolvimento.

Corroborando com esse pensamento, Paixão e Ferro (2015, p.104) afirmam que, para ocorrer aprendizagem significativa, é necessário que haja uma “[...] articulação entre o material a ser aprendido e os conhecimentos previamente adquiridos pelo aluno, particularmente com algum aspecto relevante da sua estrutura cognitiva”.

Paixão e Ferro (2015) estabelecem três condições necessárias e fundamentais para que ocorra a aprendizagem significativa. Na primeira, o material a ser aprendido deve estar relacionado com algum aspecto relevante da estrutura cognitiva do aluno, de maneira substantiva e não arbitrária, ou seja, por acaso. Na segunda, o material a ser aprendido deve ser potencialmente significativo e incorporável à estrutura cognitiva do aluno, principalmente, com ideias relevantes. Na terceira, o aluno deve manifestar um interesse, uma disposição positiva para a aprendizagem significativa.

Vale ainda destacar que, segundo essas mesmas autoras, a aprendizagem significativa de Ausubel é dividida em três tipos, a saber: representacional, de conceitos e proposicional.

A aprendizagem representacional consiste no significado das palavras ou símbolos unitários. É o processo pelo qual o sujeito tem a capacidade de relacionar o objeto ao símbolo que representa. Para Paixão e Ferro (2015, p.106) “esse é o tipo de aprendizagem significativa mais básica, a qual os demais aprendizados estão

subordinados. Nomear, classificar e definir funções são exemplos desse tipo de aprendizagem”.

O ponto de partida para a aprendizagem de conceitos está ligado à aprendizagem representacional, pois os conceitos são também representados por símbolos particulares. Diante do que foi exposto, Paixão e Ferro (2015, p. 107) destacam que “entre a aprendizagem representacional e a conceitual há uma relação de interdependência, sendo a segunda um tipo complexo de aprendizagem representacional”

A aprendizagem proposicional aborda o significado de novas ideias, novos conhecimentos expressos em proposições e sentenças, ou seja, consiste em aprender o significado da proposição como um todo, ou seja, a ideia como proposição, e não significado da soma dos conceitos que estão nesta.

Paixão e Ferro (2015, p.107) destacam que a aprendizagem significativa de Ausubel é dividida em três formas, a saber: a aprendizagem subordinada, a superordenada e a combinatória.

A aprendizagem subordinada é aquela em que a organização hierárquica dos conhecimentos acarreta uma subordinação dos novos conhecimentos aos existentes na estrutura cognitiva, ou seja, o conceito a ser aprendido será um exemplo ou uma extensão do que já existe (MOREIRA, 2012).

Moreira (2012) informa que a aprendizagem subordinada pode ser dividida em duas: a derivativa e a correlativa. A derivativa acontece quando o material aprendido é visto como um exemplo específico de um conceito que já foi estabelecido. No caso da correlativa, o material é aprendido como uma extensão, elaboração, modificação ou qualificação de conceitos ou proposições previamente aprendidas. Já a aprendizagem superordenada ocorre quando um conhecimento novo, mais geral do que as ideias já estabelecidas na estrutura cognitiva, interage com estes e o estudante consegue assimilá-lo. Na aprendizagem combinatória é quando a proposição ou conceito não faz a relação com conhecimentos específicos, mas, sim, com conhecimentos mais amplos.

A ocorrência da interação e ancoragem entre um conceito novo e um subsunçor pode modificar também o subsunçor. Esse processo leva a uma diferenciação progressiva do conceito subsunçor. É um processo, quase sempre, presente na aprendizagem significativa subordinada.

A reconciliação integrativa é quando os elementos existentes na estrutura cognitiva se reorganizam e adquirem novos significados. Ela ocorre na aprendizagem superordenada. Cabe, também, destacar que toda aprendizagem que resultar em reconciliação integrativa resultará, igualmente, em diferenciação progressiva adicional de conceitos ou proposições. (MOREIRA, 2012)

Analisando-se a teoria ausubeliana, e aplicando-a na construção de conhecimento e cultura científica em sala de aula, acredita-se que há possibilidade de o estudante construir o seu conhecimento de maneira organizada e sistematizada. A partir dessa especificação, a aprendizagem escolar passa a caracterizar-se globalmente como a assimilação a essa rede de determinados corpos de conhecimentos conceituais, selecionados socialmente como relevantes e organizados nas áreas de conhecimento.

A teoria da aprendizagem significativa abre um leque de possibilidades para que aluno possa construir seu próprio conhecimento de forma mais eficiente, pois, este tipo de abordagem valoriza todos os aspectos do estudante.

A utilização de novos recursos didáticos pelos professores em sala de aula, a aplicação de novas metodologias de ensino e o uso das novas tecnologias educacionais digitais como recursos inovadores podem ajudar o estudante no processo de construção do conhecimento científico. Neste caso, a teoria ausubeliana pode ajudar bastante nessa ligação entre o conhecimento que o aluno possui e a construção de uma cultura científica cada vez eficiente.

Imagine um aluno que tenha, na sua estrutura cognitiva, o conceito ou ideia sobre onda. Se for apresentado ao estudante que onda está relacionado aos instrumentos musicais, ele dará significado a esse novo conhecimento, na medida em que acionar o subsunçor onda. Através de novas aprendizagens significativas, resultantes de novas interações, entre novos conhecimentos (por exemplo, instrumentos musicais), o subsunçor onda ficará cada vez mais estável, mais claro, mais diferenciado e mais amplo.

Quando o subsunçor é estabelecido na estrutura cognitiva do sujeito que aprende, o novo conhecimento acaba ganhando um novo significado, permitindo uma interação que dará significado a outros conhecimentos.

Dessa forma, a discussão envolvendo, por exemplo, os conceitos fundamentais de Física Acústica e o mecanismo de funcionamento e produção dos sons nos instrumentos musicais, juntamente com os organizadores prévios (aplicativo), tornam

o processo de ensino e aprendizado mais satisfatório e rico de significados, aproximando teoria e prática, servindo como âncora para novos conhecimentos.

Enfim, Moreira (2012) informa que para ocorrer uma aprendizagem significativa é necessária a interação entre o conhecimento novo e o conhecimento prévio, existente na estrutura cognitiva do aprendiz, além de uma predisposição do estudante para aprender.

O próximo capítulo discutirá os conceitos fundamentais de Física acústica e a relação desses conceitos aplicados à Física dos instrumentos musicais.

### 3. FÍSICA ACÚSTICA: CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Essa seção tem por objetivo apresentar uma discussão a respeito dos conceitos fundamentais de Física acústica, aplicando-os ao mecanismo de produção e funcionamento dos instrumentos musicais.

#### 3.1 Introdução

Atualmente o estudo das ondas representa um campo fértil na área de pesquisa da física. Um simples canto de um pássaro envolve a produção de ondas; quando lançamos uma pedra na superfície de um lago de águas tranquilas, as ondas produzidas são resultado da propagação de perturbações na superfície da água; quando um músico toca algum instrumento musical (bateria, violão, tambores, flautas, piano, maracás, violino, entre outros), ocorre o aparecimento de perturbações no ar, que são percebidas por nós como sons; os nossos ouvidos e olhos apresentam receptores desenvolvidos, que são capazes de detectar as ondas sonoras e as ondas de luz, essenciais à percepção do ambiente à nossa volta; os abalos sísmicos, são ondas que se propagam através da Terra, geralmente, como consequência de um sismo, ou devido a uma explosão. No nosso cotidiano estamos rodeados por ondas dos mais variados tipos: ondas mecânicas, sonoras, luminosas, de rádio eletromagnéticas, ondas de matéria. Graças às ondas, existem as maravilhas do mundo moderno, como a televisão, o rádio, telecomunicações via satélite, o radar, o forno de micro-ondas, imagens eletrônicas e as mais recentes aplicações bélicas do sistema GPS, Raio X, telecomunicações etc.

Da produção à detecção, a informação contida nas ondas pode ser transmitida por diversos meios (como no caso de uma apresentação ao vivo pela internet) ou gravada e reproduzida (por meio de CDs, DVDs, *pen drives* e outros dispositivos atualmente em desenvolvimento nos centros de pesquisa).

#### 3.2 Conceito de onda

Halliday e Resnick (2016) definem onda como sendo [...] uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento. Sendo assim, quando uma onda se propaga, através de um meio material, ela não arrasta as partículas do meio, ou seja, apenas transporta energia e quantidade de movimento, mas não transporta matéria. E segundo informa



Nussenzveig (2002), onda é um pulso energético que se propaga com velocidade definida.

Ostrovsky e Potapov (2003) destacam que a propagação de uma onda está relacionada ao modo de transmissão da energia. Esta pode ocorrer através da propagação eletromagnética, propagação luminosa, propagação sonora ou propagação térmica, por meio de um material sólido, líquido, gasoso, vácuo ou plasma.

### 3.3 Natureza das ondas

Uma onda, qualquer que seja ela, pode ser classificada, quanto à sua natureza, basicamente, em: onda mecânica, onda eletromagnética e onda de matéria.

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem. Logo, as ondas mecânicas não se propagam no vácuo. Corroborando o pensamento dos autores citados, Serway e Jewett (2014) informam que ondas mecânicas são as que causam perturbação e se propagam através de um meio.

Para que as ondas mecânicas se propaguem, faz-se necessário a existência de alguma fonte de perturbação, a presença de um meio que possa ser perturbado, e algum mecanismo físico pelo qual os elementos do meio possam influenciar uns aos outros. Este último requisito assegura que uma perturbação em um elemento causará uma perturbação no seguinte, de forma que a perturbação de fato se propague através do meio. Como exemplos, temos: as ondas do mar, ondas na superfície de um lago, ondas em uma corda, as ondas sonoras e as ondas sísmicas (SERWAY; JEWETT, 2014).

Tipler e Mosca (2009) destacam que as ondas eletromagnéticas são ondas geradas a partir de cargas elétricas vibrantes, cujo movimento de vibração origina campos elétricos e magnéticos oscilantes. Essas ondas não precisam, necessariamente, de um meio material para se propagarem. No vácuo, por exemplo, propagam-se com velocidade  $c = 299.792.458$  m/s. Como exemplos de ondas eletromagnéticas temos: a luz visível, os raios ultravioletas, as ondas de rádio e de TV, as micro-ondas, os raios X e as ondas de radar.

Outro tipo de onda bastante estudada na Física, são conhecidas como ondas de matéria. Conforme informa Halliday e Resnick (2016), estão associadas a elétrons, prótons e outras partículas elementares e mesmo a átomos e moléculas. Elas

recebem este nome porque essas partículas são consideradas como elementos básicos da matéria.

Importante destacar que os modelos e exemplos a serem discutidos neste capítulo estão baseados em ondas mecânicas, embora boa parte dos conteúdos se aplique a todos os tipos de ondas.

### 3.4 Ondas mecânicas

De acordo com Sears e Zemansky (2015), onda mecânica é uma perturbação que se desloca através de um material chamado meio, no qual a onda se propaga. À medida que a onda se propaga através do meio, as partículas que o constituem sofrem deslocamentos de diversas espécies, dependendo da natureza da onda.

Corroborando as ideias dos autores citados acima, Halliday e Resnick (2016) estabelecem que as ondas mecânicas são deformações, que se propagam em meio elásticos. Isso significa que esse fenômeno ocorre apenas em meios materiais, pois, as ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem.

A propagação de uma onda mecânica através de um meio material envolve o transporte de energia cinética e energia potencial mecânica e depende de outros fatores fundamentais: a inércia e a elasticidade do meio.

Todas as ondas, ao se propagarem, não transportam o meio onde se propagam, ou seja, é apenas a energia que muda de local, passando de partícula para partícula. Sendo assim, as ondas mecânicas não se propagam no vácuo, apenas nos meios materiais elásticos. Como exemplos de ondas mecânicas temos: as ondulações em um lago, sons produzidos pelos instrumentos musicais, vozes, ruídos, tremores sísmicos provocados por um terremoto, ondas em uma corda quando sacudimos uma de suas extremidades.

Nesse sentido Halliday e Resnick (2010) informam que uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra do sistema.

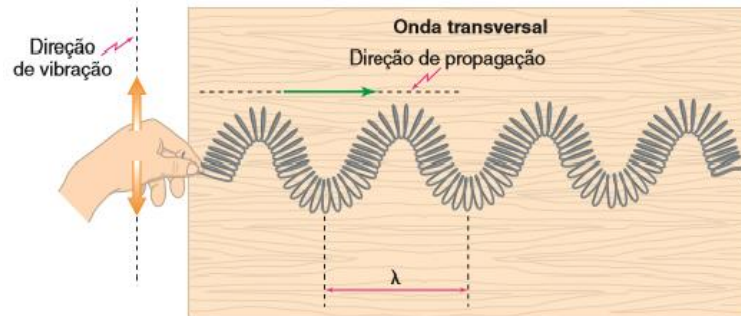
### 3.5 Quanto à direção de vibração

As ondas podem ser classificadas, quanto ao tipo, em transversal ou longitudinal, dependendo da direção do movimento vibratório das partículas em relação à sua direção de propagação. Quando as partículas se movimentam numa

direção perpendicular à direção de propagação da onda, tem-se a chamada onda transversal. (SERWAY; JEWETT, 2014)

Na fig.1 é apresentada a mão de uma pessoa produzindo uma onda transversal em uma mola helicoidal.

**Figura 1:** onda transversal



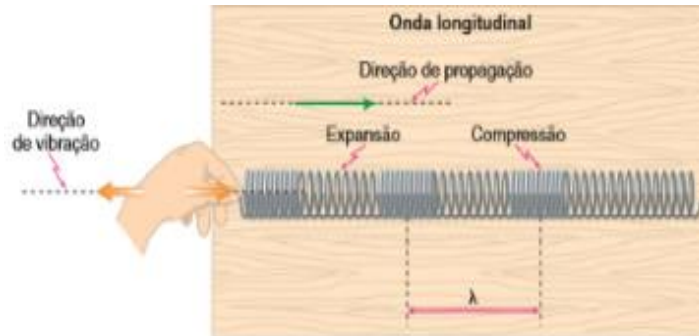
**Fonte:** Torres et al (2015)

Analisando a fig. 1, percebe-se que a mão, ao movimentar a extremidade livre da mola, de forma periódica, na direção perpendicular à mola, tem-se a formação de uma onda transversal. Observe que cada elemento da mola helicoidal vibra perpendicularmente à direção de propagação da onda.

As ondas eletromagnéticas, por exemplo, são sempre transversais. Um outro exemplo clássico bastante conhecido é de uma onda se propagando em uma corda esticada. Movimentando-se para cima e para baixo uma extremidade de uma corda esticada, uma onda transversal desloca-se ao longo da corda. A perturbação criada viaja ao longo da corda, mas as partículas que a constituem vibram numa direção perpendicular à direção de propagação da perturbação. (HALLIDAY; RESNICK, 2016)

De acordo Tipler e Mosca (2009), ondas nas quais os movimentos do meio se dão ao longo da (paralelo) direção de propagação da perturbação, são chamadas de ondas longitudinais. Ondas sonoras são exemplos de ondas longitudinais. Quando as ondas sonoras se propagam através de um meio material (sólido, líquido e gasoso), as moléculas do meio oscilam (para frente e para trás), ao longo da linha de propagação, alternadamente comprimindo e rarefazendo o meio.

A fig. 2, a seguir, mostra a produção de uma onda longitudinal em uma mola helicoidal.

**Figura 2:** onda longitudinal

**Fonte:** Torres et al (2015)

Se o movimento da fonte (mão) ocorrer na direção da mola, tem-se uma onda longitudinal e a mola estará comprimida, alternada com regiões onde estará mais expandida. Essas perturbações se propagarão ao longo da mola. Observe que cada elemento da mola vibra paralelamente à direção de propagação da onda.

Yamamoto e Fuke (2017) fazem uma consideração bastante relevante sobre as ondas transversais e longitudinais. De acordo com os autores, as ondas produzidas na superfície da água, por exemplo, possuem movimentos vibratórios transversais e longitudinais simultâneos, de modo que as partículas descrevem, durante a passagem da onda, trajetórias aproximadamente circulares. Portanto, nessa situação, aparecem os dois fenômenos, simultaneamente.

### 3.6 Quanto às dimensões

Quanto às dimensões, de acordo com Sears e Zemansky (2015), as ondas podem ser classificadas como uni, bi e tridimensionais, dependendo do número de dimensões em que elas transmitem energia.

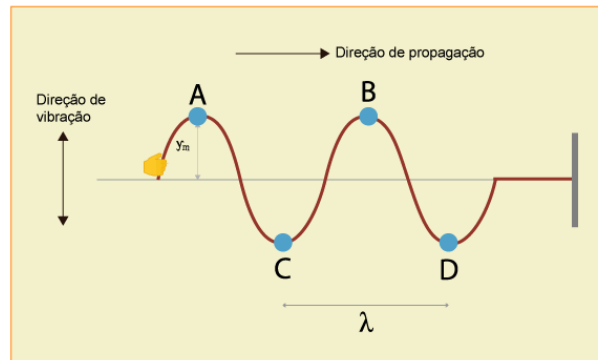
Segundo Yamamoto e Fuke (2017), nas ondas unidimensionais a energia é transportada pela onda numa só direção. Como exemplo, temos a propagação de uma onda numa corda. Nas ondas bidimensionais a energia e as perturbações produzidas propagam-se na superfície do líquido. Como exemplo temos gotas que caem e se propagam em todas as direções, na superfície de um líquido. Essas ondas são conhecidas como ondas circulares, pois os pontos do meio atingido pela vibração em um determinado instante delimitam uma circunferência. E nas ondas tridimensionais a energia propaga-se no espaço, que é considerado um meio tridimensional. Como exemplos deste tipo de onda temos as ondas sonoras e as ondas luminosas

(eletromagnéticas). As ondas sonoras propagam-se no ar e em todas as direções e são tridimensionais; mais precisamente, ondas tridimensionais esféricas, e as ondas luminosas que chegam do Sol são tridimensionais planas.

### 3.7 Introdução às ondas progressivas

Na fig. 3 é representada uma corda que está sendo submetida a uma força de tração pela mão de uma pessoa, provocando oscilações, que se propagam em forma de onda. Enquanto ocorre o movimento da mão da pessoa na direção vertical (para cima e para baixo), a onda se propaga com determinada velocidade, ao longo da corda.

**Figura 3:** oscilações em uma corda



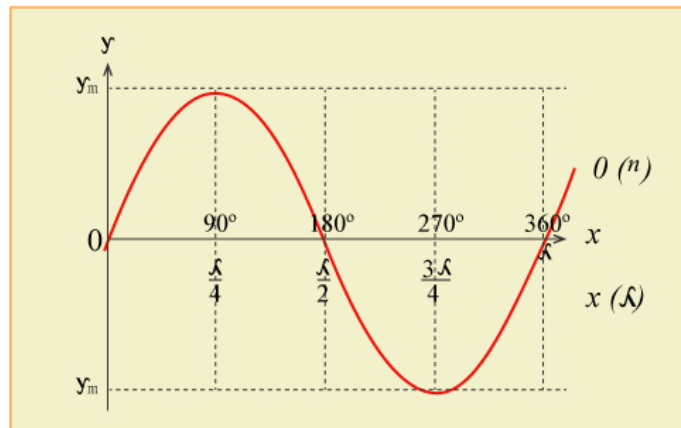
**Fonte:** próprio autor

Os pontos mais elevados, A e B, da fig. 3, representam as cristas da onda e os pontos mais baixos (C e D) representam os vales. Percebe-se que a distância da crista A para a crista B corresponde a uma oscilação completa da onda e tem valor igual a um comprimento de onda  $\lambda$ . Os pontos C e D também correspondem a uma oscilação completa ou um comprimento de onda.

A distância entre os pontos A e B da fig. 3 corresponde a uma oscilação completa. Sendo assim, pode-se fazer uma relação entre o deslocamento de uma onda (senoidal) ao longo de um eixo y em função do ângulo  $\theta$ , conforme representada na fig. 4.

Uma oscilação completa corresponde a um ângulo de  $360^\circ$  ou  $2\pi$  rad. Dessa forma, é possível relacionar o deslocamento da onda senoidal com o ângulo  $\theta$ , conforme a fig. 4.

**Figura 4:**deslocamento de uma onda senoidal



**Fonte:** adaptada. disponível em [www.calculat.org/pt/funcoes-trigonometricas/seno](http://www.calculat.org/pt/funcoes-trigonometricas/seno)

Halliday e Resnick (2016) informam que o deslocamento de uma onda senoidal em função do ângulo  $\theta$  pode ser descrita da seguinte forma:

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen } \theta \quad (\text{Eq. 1})$$

Ao substituir os parâmetros relativos ao ângulo  $\theta$  (correspondente a uma oscilação completa, equivalente a  $2\pi$  rad) na Eq.1, obtêm-se a descrição do deslocamento  $y$  em função da distância  $x$ . Para isto, aplica-se uma regra de três simples, onde:

$$\lambda - 360^\circ = 2\pi \text{ rad}$$

$$x - \theta$$

Dessa forma, os parâmetros relativos ao ângulo  $\theta$  e ao deslocamento  $y$ , em função da distância  $x$ , podem ser assim representados:

$$\theta = \frac{2\pi}{\lambda} x \quad (\text{Eq. 2})$$

Substituindo a Eq. 2 na Eq.1 (representa o deslocamento de uma onda senoidal em função do ângulo  $\theta$ ), obtêm-se:

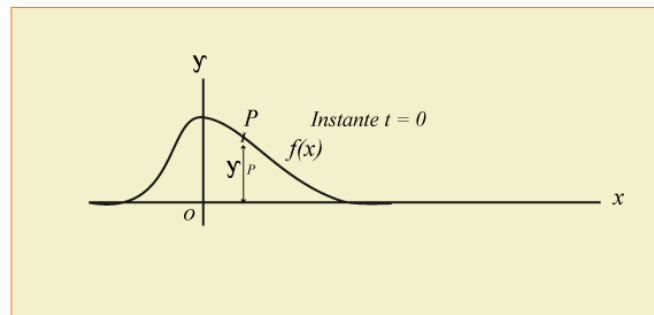
$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} \left( \frac{2\pi}{\lambda} x \right) \quad (\text{Eq. 3})$$

Tipler e Mosca (2014) destacam que o deslocamento de uma onda senoidal pode ser analisado levando-se em conta o tempo  $t$ .

### 3.8 Ondas progressivas

Na fig. 5 é mostrado um pulso (ideal) ondulatório que viaja com determinada velocidade  $v$ , no sentido positivo do eixo  $x$ , no instante  $t = 0$ .

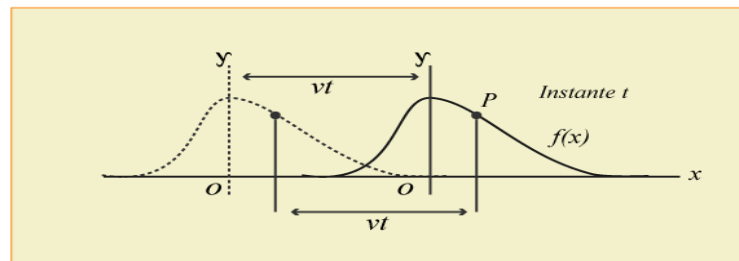
**Figura 5:** Ondas progressivas no instante  $t = 0$



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (1992)

O que acontece após decorrer um instante posterior a  $t$ ? Após um instante posterior  $t$ , a onda, conforme mostrado na fig. 6, percorre a distância  $v \cdot t$ .

**Figura 6:** Ondas progressivas no instante  $t$



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (1992)

Comparando-se as figs.5 e 6, percebe-se que a forma do pulso no instante  $t = 0$  e no instante posterior  $t$  são iguais em relação à coordenada  $y$ .

A coordenada  $y$  corresponde o deslocamento de um ponto particular da corda e que tem uma relação de dependência com a posição  $x$  e o tempo  $t$ . Dessa forma, a relação de dependência entre as duas variáveis pode ser descrita como sendo  $y(x, t)$ .

A onda da fig.5, pode ser representada da seguinte forma:

$$y(x, t) = f(x), \quad (\text{Eq. 4})$$

Na Eq. 4, acima,  $f$  corresponde a função que descreve a forma da onda. Como a ondas mantém sua forma durante a propagação, então, no instante posterior  $t$ , ela pode ser descrita pela mesma função  $f(x)$ .

Supondo que o referencial acompanhe o pulso, então, a forma de onda pode ser descrita pela função  $f$  em relação à origem  $O'$ . Dessa forma, pode-se concluir que no instante  $t$ , a onda pode ser descrita da seguinte forma:

$$y = (x, t) = f(x') = f(x - v \cdot t) \quad (\text{Eq. 5})$$

A Eq. 5, mostra que a função  $f(x - vt)$  apresenta, no instante  $t$ , a mesma forma em relação ao ponto  $x = v \cdot t$ , que a função  $f(x)$  tem em relação ao ponto  $x = 0$ .

De acordo com as Eqs. 1 e 2, fica evidente que podem ser feitas transformações na função de qualquer onda que se propague no sentido  $x$  positivo. Para que isto, basta substituir  $x$  por:

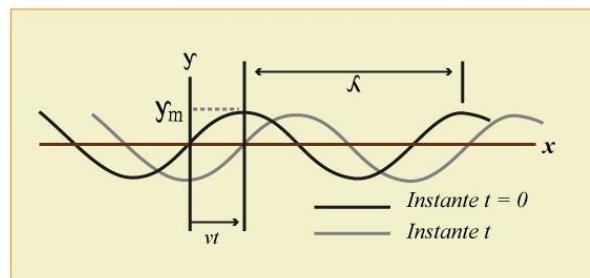
$$x - v \cdot t.$$

### 3.8.1 Ondas senoidais

Na fig. 7 são representadas duas ondas, que se propagam nos instantes  $t = 0$  e no instante  $t$ . A onda (cor escura) no instante  $t = 0$  é regida pela Eq. 3.

Após um certo instante  $t$ , a onda (cor clara), percorre para a direita a distância  $x'$

**Figura 7:** Ondas senoidais



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (1992)

Para determinar a distância  $x'$ , recorre-se a equação da velocidade (estudada na cinemática), representada logo abaixo:

$$v = \frac{x}{t} \quad (\text{Eq. 6})$$

onde deduz-se que:

$$x = v t \quad (\text{Eq. 7})$$

A nova posição  $x'$  da onda (mais clara) pode ser descrita assim:



$$x' = x - v \cdot t \quad (\text{Eq. 8}),$$

substituindo a Eq. 8 na eq. 3, obtêm-se:

$$y(x, t) = y_m \cdot \text{sen} \left( \frac{2\pi}{\lambda} x' \right) \quad (\text{Eq. 9})$$

Recorrendo-se a Eq.8 e substituindo-a na Eq. 9, obtêm-se:

$$y(x, t) = y_m \cdot \text{sen} \left[ \frac{2\pi}{\lambda} (x - vt) \right] \quad (\text{Eq. 10})$$

Através da definição de velocidade em cinemática, é possível obter a distância que a onda vai percorrer a uma distância correspondente a  $\lambda$ , em determinado período  $T$ . Para tanto, basta considerar que  $x = \lambda$  e  $t = T$ , dessa forma, obtêm-se que:

$$v = \frac{\lambda}{T}, \quad \lambda = vT \quad \text{e} \quad T = \frac{\lambda}{v} \quad (\text{Eq. 11})$$

Através da Eq.11, obtêm-se o período  $T$  de oscilação de uma onda, e que de acordo com Borges e Rodrigues (2016) é definido como sendo o tempo em que um elemento de corda leva para descrever uma oscilação completa. Já a frequência  $f$  de uma onda corresponde à quantidade de ciclos por unidade de tempo.

$$T = \frac{1}{f} \quad (\text{Eq. 12})$$

$$f = \frac{n}{T} \quad (\text{Eq. 13})$$

observação:  $n$  representa o número de oscilações ou o número de vezes que o fenômeno se repete.

Analisando a Eq. 11 e substituindo-a na Eq.12, obtêm-se:

$$v = \lambda \cdot f \quad (\text{Eq. 14})$$

Dessa forma, substituindo a Eq. 11 e Eq.14 na função de onda no instante  $t$ , representada pela Eq.10, obtêm-se a função de onda para uma onda progressiva que se movimenta no sentido positivo de  $x$ .

A nova função é descrita da seguinte forma:

$$y(x, t) = y_m \cdot \text{sen} \left[ 2\pi \left( \frac{x}{\lambda} - \frac{t}{T} \right) \right] \quad (\text{Eq. 15})$$

Existem duas grandezas físicas que podem ser introduzidas na Eq. 15, uma é o número de onda  $k$  e a outra, a frequência  $\omega$ .

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \text{e} \quad \omega = \frac{2\pi}{T} \quad (\text{Eq. 16})$$

Substituindo Eq. 16 na Eq. 15 (para uma onda senoidal que se propaga no sentido positivo  $x$ ), obtêm-se a expressão:

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} (kx - \omega t) \quad (\text{Eq. 17})$$

O número de onda  $k$ , assim como  $\omega$ , é uma grandeza angular; e  $k$  pode ser medido, por exemplo, em rad/m, e  $\omega$  em rad/s.

Caso a onda progressiva se propague no sentido negativo  $x$ , têm-se:

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} (kx + \omega t) \quad (\text{Eq. 18})$$

Comparando a Eq. 11 e a Eq.16, obtêm-se a velocidade de fase da onda, na qual é expressa da seguinte forma:

$$v = \frac{\omega}{k} \quad (\text{Eq. 19})$$

### 3.8.2 Fase e constante de fase

De acordo com Sears e Zemansky (2015), a expressão geral para uma onda senoidal progressiva no sentido de  $x$  positivo é dada por:

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} (kx - \omega t - \phi) \quad (\text{Eq. 20})$$

Na Eq. 20, a grandeza que aparece como argumento do seno,  $k \cdot x - \omega \cdot t - \phi$ , é chamada a fase da onda.

Segundo Serway e Jewett (2014), duas ondas apresentam a mesma fase quando elas executam o mesmo movimento, ao mesmo tempo. Se duas cristas de ondas se formam no mesmo instante, então essas partes das duas ondas estão em fase e se em um par de ondas as duas cristas não aparecem no mesmo instante, então elas estão fora de fase.

Na Eq. 20, descrita acima, o ângulo  $\phi$  é chamado de constante de fase. Isso significa dizer que ela provoca o deslocamento da onda para frente e para trás, no espaço ou no tempo. Ela não afeta a forma da onda.

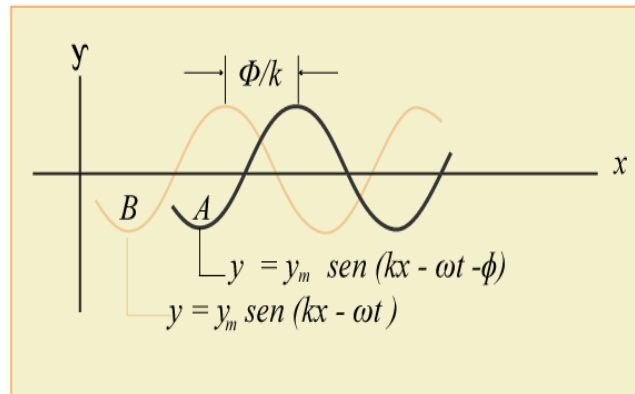
Sendo assim, a Eq. 20 pode ser escrita de duas formas equivalentes:

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} \left[ k \left( x - \frac{\phi}{k} \right) - \omega \cdot t \right] \quad (\text{Eq. 20.a})$$

$$y(x,t) = y_m \cdot \text{sen} \left[ k \cdot x - \omega \left( t + \frac{\phi}{k} \right) \right] \quad (\text{Eq. 20. b}),$$

Na fig. 8 são representadas duas ondas senoidais, propagando-se no sentido  $x$  positivo. Observe que onda A tem constante de fase  $\phi$  e a onda B tem  $\phi = 0$ , e a onda A está à uma distância  $\frac{\phi}{k}$  à frente da onda B.

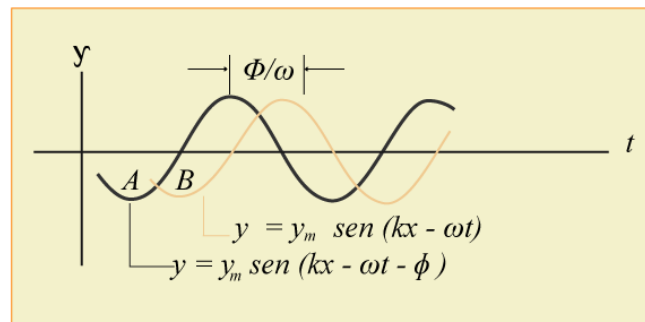
**Figura 8:** Fase e constante de fase em relação à distância



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (1992)

Na fig.9 é representado o movimento no tempo de um único ponto devido às mesmas duas ondas. Percebe-se que a onda A está  $\frac{\phi}{\omega}$  no tempo à frente da onda B.

**Figura 9:** Fase e constante de fase em relação ao tempo



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (1992)

### 3.9 O princípio da superposição

De acordo com Nussenzveig (2013), quando várias ondas se combinam numa região do espaço, o deslocamento de qualquer partícula nessa região, em qualquer instante de tempo, é simplesmente a soma vetorial dos deslocamentos que cada onda provocaria nessa partícula se atuasse sozinha.

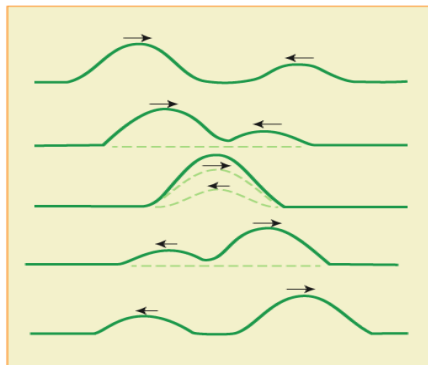
Imagine duas ondas que percorrem, simultaneamente, uma mesma corda esticada. O deslocamento ao longo da corda, quando ambas estão se propagando, pode ser escrito dessa forma:

$$y(x, t) = y_1(x, t) + y_2(x, t) \quad (\text{Eq. 21})$$

que é uma soma algébrica.

Na fig.10 é ilustrada o comportamento de duas ondas que se propagam na mesma corda, e que se propagam em sentidos opostos. À medida que os dois pulsos se propagam, surgem pontos em que os pulsos se superpõem e outros como se não existisse.

**Figura 10:** Superposição de ondas



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (2016)

### 3.10 Interferência de ondas

Suponha que seja produzida duas ondas senoidais de mesmo comprimento de onda e amplitude, que se propagam no mesmo sentido em uma corda. O princípio da superposição pode ser usado. Que forma tem a onda resultante?

De acordo Sears e Zemansky (2015), a forma da onda resultante depende da fase relativa das duas ondas. Se as ondas estão em fase (ou seja, se os picos e os vales de uma estão alinhados com os da outra), o deslocamento total a cada instante é o dobro do deslocamento que seria produzido por uma das ondas. Se as ondas têm fases opostas (ou seja, se os picos de uma estão alinhados com os vales da outra), elas se cancelam mutuamente e o deslocamento é zero; a corda permanece parada. O fenômeno de combinação de ondas recebe o nome de interferência e dizemos que as ondas interferem entre si. (O termo se refere apenas aos deslocamentos; a propagação das ondas não é afetada.)

Suponha que uma das ondas que se propagam em uma corda é dada por:

$$y_1(x,t) = y_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t)$$

e que outra, deslocada em relação à primeira, é dada por :

$$y_2(x,t) = y_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \phi) \quad (\text{Eq. 22})$$

As duas ondas têm a mesma frequência angular  $\omega$  (e, portanto, a mesma frequência  $f$ ), o mesmo número de onda  $k$  (e, portanto, o mesmo comprimento de onda  $\lambda$ ) e a mesma amplitude  $y_m$ . Ambas se propagam no sentido positivo do eixo  $x$ , com a

mesma velocidade. Elas diferem apenas de um ângulo constante  $\phi$ , a constante de fase. Dizemos que as ondas estão *defasadas* de  $\phi$ , ou que a *diferença de fase* entre elas é  $\phi$ .

Segundo o princípio de superposição (Eq.21), a onda resultante é a soma algébrica das duas ondas e tem um deslocamento:

$$y(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t) \\ y_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t) + y_m \cdot \text{sen}(kx - \omega t + \phi)$$

Usando a identidade trigonométrica, a soma dos senos de dois ângulos  $\alpha$  e  $\beta$  obedece à identidade:

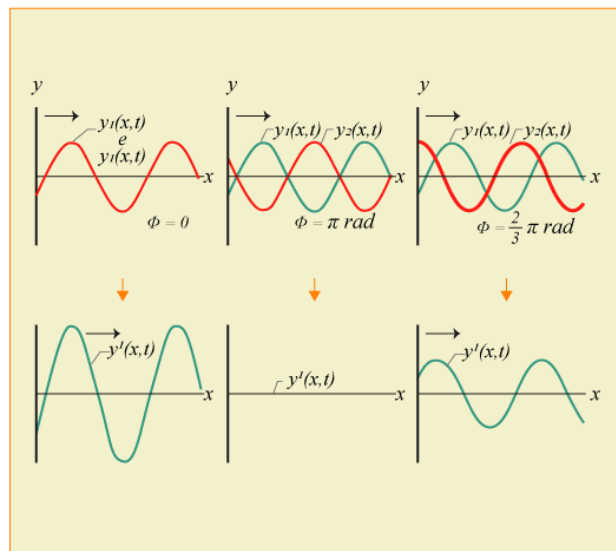
$$\text{sen } \alpha + \text{sen } \beta = 2 \text{sen } \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta) \quad (\text{Eq. 23})$$

Aplicando a Eq. 22 na Eq. 21, obtêm-se:

$$y'(x,t) = [2y_m \cos \frac{1}{2}\phi] \text{sen}(kx - \omega t + \frac{1}{2}\phi) \quad (\text{Eq. 24})$$

Na fig. 11 são mostradas duas ondas senoidais iguais,  $y_1(x,t)$  e  $y_2(x,t)$ , que se propagam em uma corda no sentido positivo de um eixo  $x$ . Elas interferem para produzir uma onda resultante  $y'(x,t)$ , que é a onda observada na corda. À medida que as duas ondas se propagam, ocorrem mudanças na diferença de fase das ondas.

**Figura 11:**interferência de ondas



**Fonte:** adaptada. Halliday e Resnick (2016)

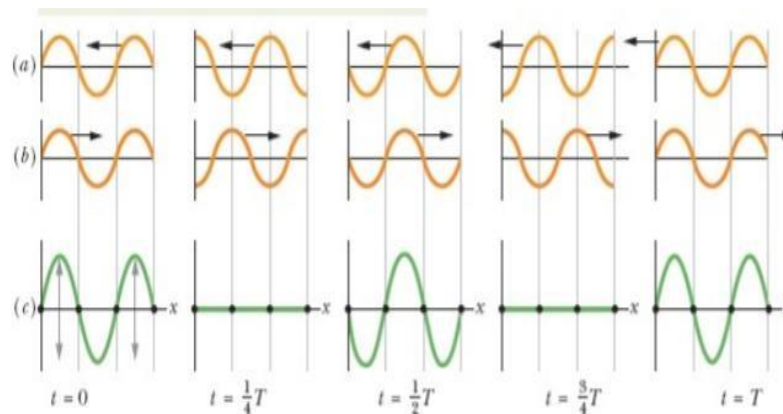
Analisando a fig. 11, percebe-se que ocorrem pontos onde há interferência construtiva e, em outros, interferência destrutiva. Ou seja, somando-se ou

cancelando-se, de acordo com o princípio da superposição. Se as duas ondas se propagam no mesmo sentido e têm a mesma amplitude  $y_m$  e a mesma frequência angular  $\omega$  (e, portanto, o mesmo comprimento de onda  $\lambda$ ), mas têm uma diferença de fase constante  $\phi$ , o resultado é uma única onda com a mesma frequência.

### 3.11 Ondas estacionárias

Na Fig.12 são mostradas duas ondas se deslocando em função do tempo, uma movimentando-se para a direita e a outra para a esquerda numa corda. A soma das duas ondas é obtida aplicando-se, graficamente, o princípio da superposição.

**Figura 12:** Ondas estacionárias



**Fonte:** Halliday e Resnick (2016)

Analisando a fig.12 é possível perceber que existem pontos da onda resultante (chamados de nós) que permanecem imóveis e, no ponto médio entre os nós vizinhos, estão os antinós, pontos em que a amplitude da onda resultante é máxima. As ondas resultantes obtidas na figura são chamadas de ondas estacionárias. Recebem este nome porque a forma de onda não se move para a esquerda, nem para a direita. As posições dos máximos e dos mínimos não variam com o tempo.

A onda estacionária da fig. 12 pode ser representada em termos de duas equações:

$$y_1(x,t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t)$$

$$y_2(x,t) = y_m \text{sen}(kx + \omega t)$$

A onda resultante, em termos matemáticos, pode ser obtida aplicando o princípio de superposição, e é dada por:

$$y'(x,t) = y_1(x,t) + y_2(x,t) = y_m \text{sen}(kx - \omega t) + y_m \text{sen}(kx + \omega t), \text{ (Eq. 25)}$$

utilizando a identidade trigonométrica:  $\sin \alpha + \sin \beta = 2 \sin \frac{1}{2}(\alpha + \beta) \cos \frac{1}{2}(\alpha - \beta)$  e aplicando essa relação à Eq.24, obtêm-se:

$$y'(x, t) = [2y_m \sin kx] \cos \omega t \quad (\text{Eq. 26}),$$

O termo  $2y_m \sin kx$  corresponde a amplitude da onda no ponto  $x$ .

Nusseinzveig (2013) informa que numa onda senoidal progressiva a amplitude da onda é a mesma para todos os elementos da corda. Entretanto, essa condição não é verdadeira para uma onda estacionária, na qual a amplitude varia de acordo com a posição.

Na onda estacionária da Eq. 26, por exemplo, a amplitude é zero para valores de  $kx$ , tais que  $\sin kx = 0$ . Esses valores são dados pela relação:

$$Kx = n\pi, \text{ em que } n = 0, 1, 2, \dots \quad (\text{Eq. 27})$$

Fazendo  $k = 2\pi/\lambda$  e reagrupando os termos, obtêm-se:

$$x = n \frac{\lambda}{2} \quad \text{em que } n = 0, 1, 2, 3, \dots \quad (\text{Eq.28}),$$

A Eq. 28 mostra que a distância entre dois nós vizinhos vale  $\frac{\lambda}{2}$ , metade do comprimento de onda e a amplitude da onda estacionária da Eq. 26 apresenta um valor máximo de  $2y_m$ . Essa condição é válida quando os valores de  $kx$  equivale a  $[\sin kx] = 1$ . Esses valores são dados pela relação:

$$kx = \frac{1}{2}\pi, \frac{3}{2}\pi, \frac{5}{2}\pi \quad (\text{Eq. 29})$$

Fazendo  $k = 2\pi/\lambda$  na Eq. 28 e agrupando os termos, obtêm-se:

$$x = (n + \frac{1}{2}) \frac{\lambda}{2}, \text{ em que } n = 0, 1, 2, \dots (\text{antinós}) \quad (\text{Eq.30})$$

Para as posições de máxima amplitude (antinós) da onda estacionária da Eq. 26. Os antinós estão separados de  $\frac{\lambda}{2}$  e estão situados no ponto médio dos nós mais próximos.

A separação entre um nó e um antinó adjacente corresponde a uma distância igual a  $\frac{\lambda}{4}$ .

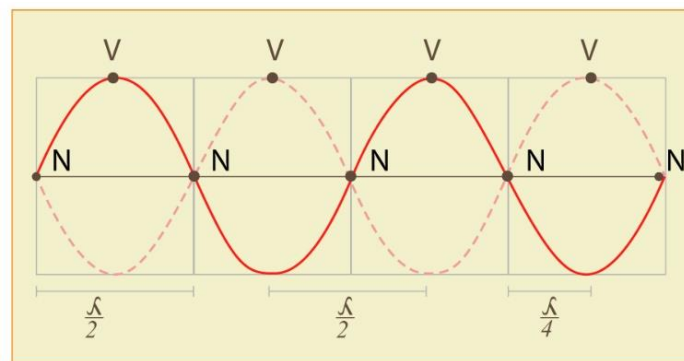
A interferência de duas ondas senoidais iguais que se propagam em sentidos opostos produz uma onda estacionária. No caso de uma corda com as extremidades fixas, a onda estacionária é dada por:

$$y'(x, t) = [2y_m \sin kx] \cos \omega t \quad (\text{Eq.31})$$

Na fig. 13 estão representadas as posições em que o deslocamento é zero nas ondas estacionária (nós) e as posições em que o deslocamento é máximo, antinós (ventres).

Numa onda estacionária a distância entre os ventres consecutivos, ou entre nós consecutivos, é igual a  $\frac{\lambda}{2}$  e a distância entre um ventre e um nó consecutivo é igual a  $\frac{\lambda}{4}$ .

**Figura 13:** nós e antinós de uma onda estacionária



**Fonte:** adaptada. <https://images.app.goo.gl/dWbjoLxH>

### 3.12 Ondas sonoras

A acústica é a área da Física que estuda o som. Som é uma onda capaz de propagar-se pelo ar, e por outros meios, a partir de vibrações de suas moléculas. Quando essas vibrações chegam ao aparelho auditivo, provocam o aparecimento de impulsos elétricos. Esses impulsos elétricos se propagam por terminações nervosas e chegam ao cérebro, que os interpreta. Sendo assim, o som é a sensação percebida pelo cérebro, que se relaciona com a chegada ao ouvido, de ondas de vibração mecânica. (GARCIA, 2015)

Todo sistema que emite som é uma fonte sonora. Entretanto, é importante levar em conta a distinção entre som e onda sonora. O som se propaga nos ambientes materiais e elásticos, através de ondas. As ondas sonoras são vibrações sincronizadas das moléculas que constituem o meio. Ao vibrarem em conjunto, elas criam, em torno da fonte sonora, regiões de alta e baixa pressão. Essas variações de pressão se propagam no meio, como uma onda mecânica longitudinal. (GARCIA,2015)

Para entender o processo que possibilita captar a sensação de ouvir um som, é importante frisar que o ouvido humano é dividido em três partes: ouvido externo,



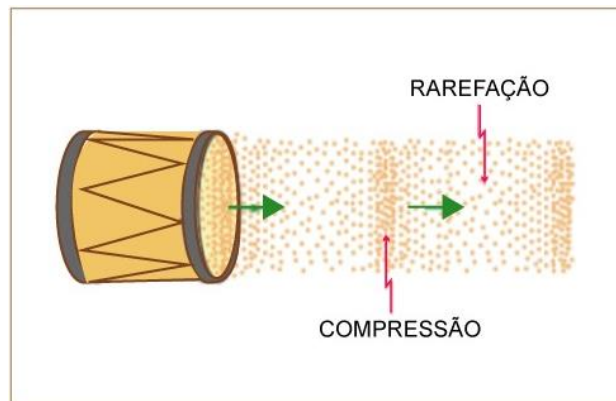
constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; ouvido médio, onde se localizam três pequenos ossos, que são o martelo, a bigorna e o estribo; ouvido interno, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano, que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração captada pelo tímpano. (TORRES et al, 2013)

Numa onda mecânica longitudinal as partículas do meio que transmitem a onda vibram na direção de propagação da onda. A onda mecânica longitudinal que conhecemos é a onda sonora. O ouvido humano pode detectar estas ondas num intervalo de frequências de 20 Hz até 20.000 Hz, que corresponde ao espectro de sons audíveis. As mecânicas longitudinais de frequências mais altas são conhecidas como ondas ultrassônicas e as de frequências mais baixas são conhecidas como ondas infrassônicas. (SEARS; ZEMANSKY, 2015)

Pode-se estabelecer que as ondas sonoras são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Ao contrário da luz, ou de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo. Elas são ondas de pressão, ou seja, ondas que se propagam a partir de variações da pressão do meio.

Imagine como exemplo a onda sonora produzida ao se bater na membrana elástica de um tambor, e que passa a se propagar no ar, conforme mostrado na fig. 14. A vibração da membrana do tambor produz, alternadamente, regiões de compressões e rarefações do ar, isto é, variações de pressão que se propagam através do meio.

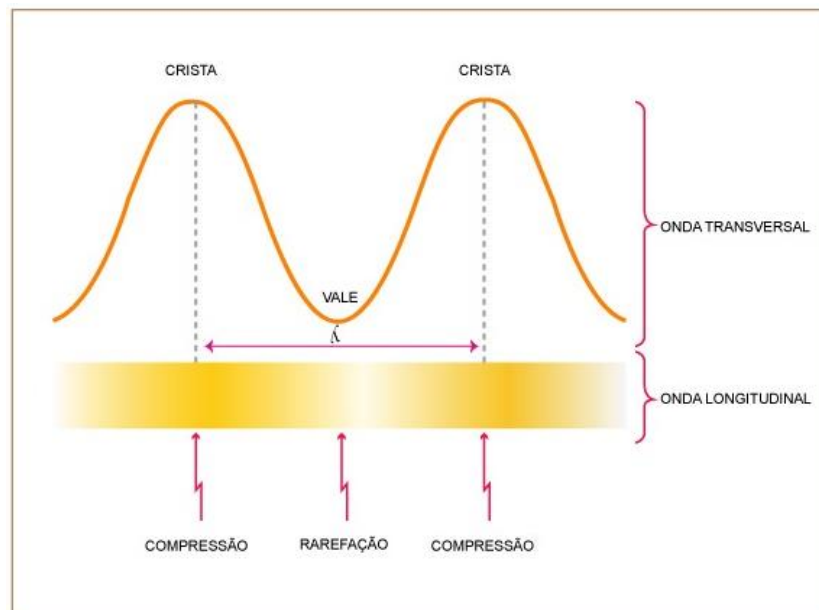
**Figura 14:** Ondas sonoras em um tambor



**Fonte:** Torres et al (2015)

O comportamento das ondas longitudinais produzidas pela vibração do tambor pode ser comparado ao de uma onda transversal, conforme ilustrado na fig.15.

**Figura 15:** Onda transversal e uma onda longitudinal



**Fonte:** adaptada. Torres et al (2015)

As cristas, representadas na fig.15, correspondem as regiões de maior compressão, e os vales, as regiões de maior rarefação. Sendo assim, quanto maior for a compressão na onda longitudinal, maior será a energia transportada por ela.

A menor distância entre duas regiões nas quais o ar está comprimido, corresponde ao comprimento de onda  $\lambda$  da onda sonora. Isto aplica-se também à menor distância entre duas regiões, nos quais onde o ar está mais rarefeito.

### 3.13 A Velocidade do Som

De acordo com Garcia (2016), os sons se propagam nos meios materiais elásticos com determinada velocidade, que depende da natureza, da pressão e da temperatura de cada meio.

Halliday e Resnick (2016), informam que velocidade de uma onda mecânica, seja ela transversal ou longitudinal, depende tanto das propriedades inerciais do meio (para armazenar energia cinética), como das propriedades elásticas do meio (para armazenar energia potencial).

De acordo com Tipler e Mosca (2009), a velocidade de uma onda transversal em uma corda, pode ser representada da seguinte forma:

$$v = \sqrt{\frac{\tau}{\mu}} \quad \frac{\text{(propriedade elástica)}}{\text{(propriedade inercial)}} \quad (\text{Eq. 32})$$

onde,  $\tau$  é a tração da corda (propriedade elástica) e  $\mu$  é a massa específica linear da corda (propriedade inercial).

Segundo Halliday e Resnick (2016), em uma corda esticada, a energia potencial está associada à deformação periódica dos elementos da corda, quando a onda passa por esses elementos.

Para ondas sonoras que se deslocam em meios materiais como o ar, a velocidade é dada por.

$$B = - \frac{\Delta p}{\Delta V/V} \quad (\text{definição de módulo de elasticidade}) \quad (\text{Eq. 33})$$

Onde  $B$  representa o módulo de elasticidade volumétrica,  $\Delta V/V$  corresponde à variação relativa de volume e  $\Delta p$ , a variação de pressão.

Quando ocorre um aumento de pressão  $\Delta p$  sobre um elemento, acarreta uma diminuição do volume  $\Delta V$ . Isto explica por que os sinais de  $\Delta p$  (positivo) e  $\Delta V$  (negativo) ficam opostos.

Substituindo  $t$  (força de tração) por  $B$  (módulo de elasticidade volumétrica) e  $\mu$  (densidade linear) por  $\rho$  (massa específica) na Eq.32, obtêm-se a equação da velocidade do som.

A velocidade do som em um meio de módulo de elasticidade volumétrico  $B$  e massa específica  $\rho$  é representada da seguinte forma:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \text{ (velocidade do som)} \quad (\text{Eq. 34})$$

Quando uma onda sonora se propaga no ar, a energia potencial está associada à compressão e à expansão de pequenos elementos de volume do ar.

As propriedades da propagação do som são tratadas a partir das consequências das leis de Newton. O som pode ser descrito através de uma sequência de ondas sonoras, que são ondas de deslocamento, densidade e pressão, que se propagam pelos meios compressíveis. Quando uma onda sonora se propaga através de qualquer gás, ocorrem compressões e rarefações de pequenos volumes do gás. Através da análise de quanto um elemento do gás modifica o seu volume e sua densidade, ou seja, a partir da análise das variações de pressão causadas pela onda mecânica sonora, é possível determinar a velocidade da onda naquele meio. (FEYNMAN; LEIGHTON; SANDS, 2008)

### 3.14 Intensidade e Nível Sonoro

Tipler e Mosca (2009) informam que uma determinada fonte sonora pontual emite ondas em todas as direções. Dessa forma, a energia fornecida por ela é distribuída de maneira uniforme em uma superfície esférica de área  $A = 4 \pi r^2$ .

De acordo com Garcia (2015), a intensidade ( $I$ ) de uma onda sonora é dada pela média temporal da potência ( $P$ ) transmitida através de uma área perpendicular à direção do fluxo sonoro. Em outras palavras, é a taxa média, por unidade de área, com a qual a energia contida na onda atravessa a superfície ou é absorvida pela superfície. Matematicamente, temos:

$$I = \frac{P}{A} \quad (\text{Eq. 35})$$

em que  $P$  é a taxa de variação com o tempo da transferência de energia (ou seja, a potência) da onda sonora e  $A$  é a área da superfície que intercepta o som. A intensidade  $I$  está relacionada à amplitude do deslocamento  $s_m$  da onda sonora pela equação:

$$I = \left(\frac{1}{2}\right) \rho v \omega^2 s_m^2 \quad (\text{Eq. 36})$$

a intensidade a uma distância  $\rho$  de uma fonte pontual que emite ondas sonoras de potência  $P_s$  é:

$$I = \frac{P_s}{4\pi r^2} \quad (\text{Eq. 37})$$

### 3.15 Nível de intensidade sonora

O nível sonoro  $\beta$  em decibéis (dB) é definido como:

$$\beta = (10 \text{ dB}) \log I/I_0 \quad (\text{Eq.38})$$

em que  $I_0 = 10^{-12} \text{ (W/m}^2\text{)}$  é um nível de intensidade de referência com o qual todas as intensidades são comparadas. Para cada aumento de um fator de 10 na intensidade, 10 dB são somados ao nível sonoro.

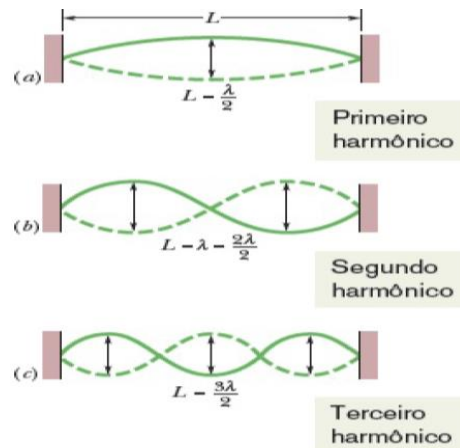
### 3.16 Fontes de Sons Musicais

- Cordas sonoras

Considere uma corda de violão, esticada entre suas extremidades. Imagine que seja produzida uma onda senoidal contínua, de certa frequência, que se propaga para a direita. Quando chega à extremidade direita, a onda é refletida e começa a se propagar de volta para a esquerda. A onda que se propaga para a esquerda encontra a onda que ainda se propaga para a direita. Quando a onda que se propaga para a esquerda chega à extremidade esquerda, é refletida mais uma vez, e a nova onda refletida começa a se propagar para a direita, encontrando ondas que se propagam para a esquerda. Dessa forma, ocorre a superposição de ondas que interferem entre si.

Para certas frequências, a interferência produz uma onda estacionária (ou modos de oscilação) com nós e grandes antinós. Diz-se, desta forma, que uma onda estacionária desse tipo é gerada, quando existe ressonância e que a corda *ressoa* nessas frequências, conhecidas como frequências de ressonância. Se a corda é excitada em uma frequência que não é uma das frequências de ressonância, não se forma uma onda estacionária. Nesse caso, a interferência das ondas que se propagam para a esquerda com as que se propagam para a direita resulta em pequenas oscilações da corda, conforme é mostrada na fig. 16.

**Figura 16:** ondas estacionárias em uma corda



**Fonte:** Halliday e Resnick (2016)

No caso de uma corda esticada, de comprimento  $L$ , fixa nas duas extremidades, as frequências de ressonância são dadas por:

$$f = \frac{nv}{2L} \quad (\text{Eq. 39})$$

em que  $n$  corresponde ao modo de oscilação. Quando  $n = 1$ , tem-se o que se chama de *modo fundamental* ou *primeiro harmônico*; o modo correspondente a  $n = 2$  é chamado de *segundo harmônico*, e assim por diante.

- Tubos Sonoros

Quando ondas sonoras se propagam no interior de um tubo cheio de ar, ocorrem reflexões dessas ondas nas extremidades do tubo, produz-se um padrão de ondas estacionárias.

Ao ocorrer a superposição dessas ondas, ao longo do comprimento do tubo, aparecem as frequências de ressonância. Isso permite que o ar, no interior do tubo, oscile com grande amplitude, produzindo uma onda sonora audível, com a mesma frequência que as oscilações do ar no tubo. Essas colunas gasosas, normalmente de ar, confinadas em tubos sólidos e ocos, recebem o nome de tubos sonoros. (SEARS; ZEMANSKY, 2015)

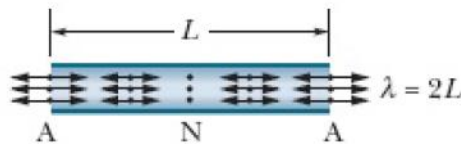
De acordo com Newton, Helou e Gualter (2017), os tubos sonoros são classificados em abertos e fechados. Os tubos abertos apresentam as duas extremidades abertas, sendo que uma delas próximo da embocadura. Já os tubos fechados são aqueles que apresentam uma extremidade aberta, próxima da embocadura, e a outra fechada.

De acordo com Boas, Doca e Biscuola (2017), na formação de ondas estacionárias em tubos sonoros, devem ser obedecidas condições que determinam as frequências possíveis de vibração. Em extremidade aberta sempre existe um ventre de deslocamento (ou nó de pressão) e em extremidade fechada, sempre um nó de deslocamento (ou ventre de pressão).

- Tubos abertos

Na fig.17 é mostrada a maneira mais simples de representar as ondas estacionárias em tubos de extremidades livres.

**Figura 17:** Tubo sono – duas extremidades abertas



**Fonte:** Halliday e Resnick (2016)

Perceba que há um antinó (ventre) em cada extremidade e um nó no ponto médio do tubo.

Segundo Gaspar (2015), o processo de formação de ondas estacionárias em tubos sonoros é equivalente ao de ondas estacionárias em cordas. Nas cordas, as extremidades devem ser nós (não vibram), enquanto nos tubos, em uma das extremidades deve ser aberta, onde forma um ventre. Nas extremidades abertas a coluna de ar contida no tubo se expande, ou seja, o ar se rarefaz. Como a onda sonora no ar é uma sucessão de compressões e rarefações, nas extremidades tem de haver rarefações. Essa condição determina que só configurações de ondas estacionárias, com ventres nas extremidades, podem se formar no interior desse tubo. A soma dessas configurações dá o timbre do instrumento.

Na fig. 18 está representado o primeiro modo fundamental ou primeiro harmônico ( $n = 1$ ), produzido em tubos sonoros de extremidade aberta.

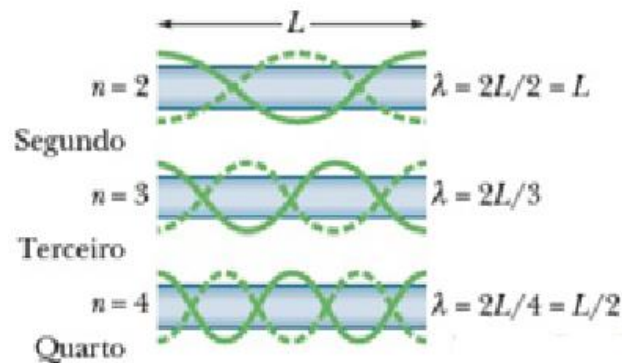
**Figura 18:** Tubo sonoro – harmônico fundamental



**Fonte:** Halliday e Resnick (2016)

Na fig.19 são mostrados outros harmônicos, produzidos em tubos abertos e suas respectivas ondas estacionárias.

**Figura 19:** harmônicos em tubos abertos



**Fonte:** Halliday e Resnic (2016)

De acordo com Newton, Helou e Gualter (2017), para produzir o primeiro harmônico fundamental, as ondas sonoras em um tubo de comprimento  $L$  devem ter um comprimento de onda tal que  $\lambda = 2L$ .

Halliday e Resnick (2016) estabelecem que, no caso geral, as frequências de ressonância de um tubo de comprimento  $L$ , e que apresentam as duas extremidades abertas, possuem comprimentos de onda ( $\lambda$ ), descritos da seguinte forma:

$$\lambda = \frac{2L}{n}, \text{ para } n = 1, 2, 3, 4, \dots \quad (\text{Eq. 40})$$

em que  $n$  é o número do harmônico.

Substituindo a Eq. 40 na Eq. 14, obtêm-se as frequências de ressonância de um tubo aberto nas duas extremidades como:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L},$$

para  $n = 1, 2, 3, \dots$  (em tubos de extremidades abertas). (Eq. 41)

De acordo com Yamamoto e Fuke (2017), uma extremidade aberta sempre corresponde a um ventre (interferência construtiva).



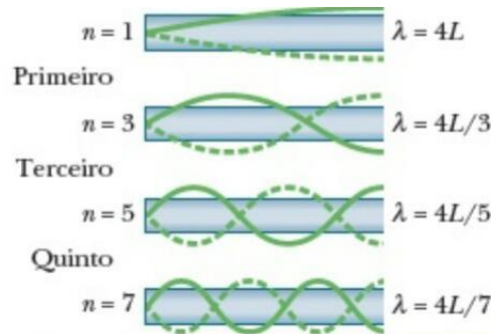
- Uma Extremidade Aberta.

Na Fig. 20 são mostradas algumas ondas sonoras estacionárias, que podem ser produzidas em um tubo aberto, apenas em uma das extremidades. Nesse caso, há um antinó na extremidade aberta e um nó na extremidade fechada. O modo mais simples é aquele no qual  $\lambda = 4L$ . No segundo modo mais simples  $\lambda = 4L/3$ , e assim por diante.

No caso geral, as frequências de ressonância de um tubo de comprimento  $L$  com uma extremidade aberta e a outra fechada correspondem a comprimentos de onda dados por:

$$\lambda = \frac{4L}{n}, \text{ para } n = 1, 3, 5... \quad (\text{Eq. 42})$$

**Figura 20:** Harmônico em um tubo com uma extremidade aberta



**Fonte:** Halliday e Resnick (2016)

em que o número do harmônico  $n$  é um número ímpar. As frequências de ressonância são dadas por:

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{4L}, \text{ para } n = 1, 3, 5... \quad (\text{Eq. 43})$$

Observe que apenas os harmônicos ímpares podem existir em um tubo aberto, em uma das extremidades.

- Comprimento.

De acordo com Halliday e Resnick (2016), o comprimento de um instrumento musical está relacionado à faixa de frequências em que o instrumento foi projetado para cobrir. Quanto menor for o comprimento, maior é frequência. Isso vale para instrumentos de corda e de sopro.

- Onda Resultante.

Os sistemas oscilatórios dos instrumentos musicais, como a corda de um violino e o ar de um tubo de órgão, geram, além do modo fundamental, certo número de harmônicos superiores. Todos esses modos são ouvidos simultaneamente, superpostos, para formar uma onda resultante.

Segundo informa Halliday e Resnick (2016), quando diferentes instrumentos tocam a mesma nota, eles produzem a mesma frequência fundamental, mas os harmônicos superiores têm intensidades diferentes. É por isso que os instrumentos produzem sons diferentes, mesmo quando tocam a mesma nota.

### 3.17 Batimentos

Segundo Chiquito e Ramos (2005), o fenômeno dos batimentos ocorre quando há a superposição de duas ondas que se propagam numa mesma direção e que apresentam frequências ligeiramente diferentes uma da outra.

Por exemplo, quando duas ondas sonoras, com frequências diferentes, porém, bem próximas uma da outra, chegam ao nosso aparelho auditivo simultaneamente, é possível perceber uma variação na intensidade do som resultante. Esse fenômeno resulta da interferência construtiva e destrutiva das duas ondas, quando ficam em fase ou em oposição de fase.

Esse fenômeno pode ser percebido ao afinar instrumentos de corda, como um violão, tocando uma nota contra um tom que apresente um padrão frequência conhecida. À medida que a frequência da corda vai sendo ajustada, esta vai se aproximando do tom da frequência padrão, até os batimentos desaparecerem e tornarem-se iguais às suas frequências.

Borges e Rodrigues (2016) informam que o fenômeno dos batimentos é muito frequente na nossa vida prática. Por exemplo: sentado num ônibus, parado, mas com o motor ligado, pode-se perceber que as janelas entram em vibração, de vez em quando. Trata-se de peças cuja frequência natural de oscilação é quase igual ao ritmo de vibração do motor.

A fim de fazer uma descrição mais completa do fenômeno dos batimentos, considere duas ondas sonoras de amplitudes iguais se propagando por um meio, com frequências levemente diferentes  $f_1$  e  $f_2$ . A representação da posição de um elemento do meio, associado a cada onda, num ponto fixo  $x = 0$ , pode escrita da seguinte forma:

$$y_1 = A \cos 2 \pi f_1 t \quad (\text{Eq. 44})$$

$$y_2 = A \cos 2 \pi f_2 t \quad (\text{Eq. 45})$$

Aplicando o princípio de superposição, obtêm-se a posição resultante nesse ponto e que é dada por:

$$y = y_1 + y_2 = A (\cos 2 \pi f_1 t + A \cos 2 \pi f_2 t) \quad (\text{Eq. 46})$$

Usando a identidade trigonométrica:

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

e adotando a seguinte expressão,  $a = \cos 2 \pi \cdot f_1 t$  e  $b = \cos 2 \pi \cdot f_2 t$ , obtêm-se:

$$y = [ 2 A \cos 2 \pi \left( \frac{f_1 - f_2}{2} \right) t ] \cos 2 \pi \left( \frac{f_1 + f_2}{2} \right) t \quad (\text{Eq. 47})$$

Segundo Chiquito e Ramos (2005), a partir dos fatores obtidos na Eq.47, a onda resultante tem uma frequência efetiva igual a frequência média  $(f_1 + f_2)/2$  e uma amplitude de  $A_x$  igual a:

$$A_{x=0} = 2 A \cos 2 \pi \left( \frac{f_1 + f_2}{2} \right) t \quad (\text{Eq. 48})$$

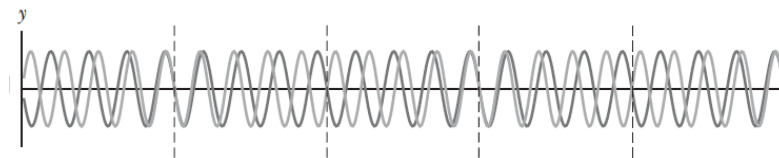
A Eq.48 indica que a amplitude varia no tempo com uma frequência de  $(f_1 + f_2)/2$ . À medida que a frequência  $f_1$  for próxima de  $f_2$ , essa variação de amplitude é lenta quando comparada à frequência das ondas individuais.

De acordo com Serway e Jewett (2014), o valor máximo na amplitude da onda de som resultante é detectado sempre que:

$$\cos 2 \pi \left( \frac{f_1 + f_2}{2} \right) t = \pm 1 \quad (\text{Eq. 49})$$

Na fig.21 é mostrada o comportamento individual de duas ondas que apresentam frequências, bem próximas uma da outra. Percebe-se que em alguns pontos da figura, ocorrem interferência construtiva e interferência destrutiva.

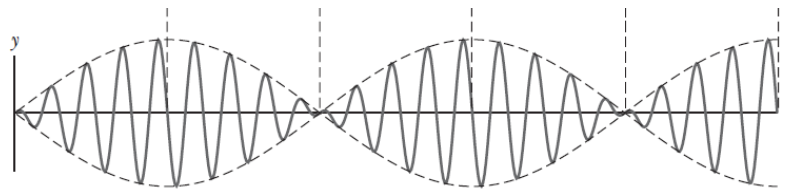
**Figura 21:** ondas individuais



**Fonte:** Sears e Zemansky (2015)

A fig. 22 corresponde ao gráfico da frequência resultante, devido à superposição das duas ondas. Note que a amplitude da onda não é constante e a amplitude da onda resultante, no ponto considerado, varia com o tempo, possuindo momentos de interferência totalmente construtiva e momentos de interferência totalmente destrutiva.

**Figura 22** : Onda resultante - batimentos



**Fonte:** Sears e Zemansky (2015)

### 3.18 Física dos instrumentos musicais

A finalidade de um instrumento musical é produzir música. Existem vários tipos de instrumentos musicais e eles podem ser classificados de diversas formas, sendo uma das mais comuns, a divisão de acordo com a forma pela qual o som é produzido.

A classificação dos instrumentos musicais leva em conta alguns aspectos, tais como: material utilizado, a forma, a qualidade do som produzido, o timbre, o modo de execução, e entre outros.

Os sons são produzidos por vibrações, porém, o ouvido humano consegue detectar sons numa faixa de frequência no intervalo entre 20Hz e 20.000Hz. E de acordo com a idade, esse intervalo vai ficando cada vez menor.

Diante da questão da produção dos sons, surge uma pergunta: como o ouvido consegue ouvir o som dos instrumentos musicais?

Todo instrumento musical provoca vibração do ar. Por exemplo, na escaleta, o dispositivo que realiza essa tarefa é a palheta. Nos instrumentos de corda, como violão e o violino, os dispositivos responsáveis são, justamente, as cordas, quando são percutidas.

Alguns instrumentos necessitam de uma caixa de ressonância, que é uma câmara de ar, que apresenta diversos formatos e serve para reforçar a intensidade sonora das vibrações produzidas pelos dispositivos vibradores, fazendo com que a frequência fique na faixa audível do ser humano.

. Em muitos instrumentos musicais, a caixa de ressonância faz parte do corpo do instrumento, como em um piano, um violão ou um tambor. No violão, por exemplo, ela é representada pela abertura circular que o instrumento apresenta, além deste ser totalmente oca.

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos musicais, em geral, são divididos em quatro grupos: instrumentos de sopro, de percussão, de cordas e de teclas, porém, com a grande evolução tecnológica, foram criados instrumentos que utilizam fontes de energia para funcionarem, são os chamados instrumentos elétricos. A seguir veremos mais detalhes sobre cada classificação, acompanhe:

- Os instrumentos de sopro

Segundo Sant'Anna et al (2010), o som dos instrumentos de sopro surge através da vibração de uma coluna de ar. Em alguns dos instrumentos esta coluna é contida em um ou mais tubos, que servem para definir a altura do som e também para amplificá-lo. Em geral, quando existe um tubo de tamanho fixo, somente as notas da série harmônica que são executáveis.

Via de regra, a afinação dos instrumentos de sopro depende do tamanho dos tubos. Quanto maior é o instrumento, mais baixa é a afinação e mais grave é a sonoridade. Em instrumentos como a gaita, o acordeão, e outros de palheta livre, a afinação depende do tamanho da palheta. Normalmente, o timbre destes instrumentos depende do meio de produção do som (palhetas, lábios, arestas), do formato e do comprimento dos tubos.

Os principais instrumentos de sopro são: trombone, trompete, flauta, trompa, corneta e bombardino.

Na fig. 23 é mostrada uma flauta de pã, ou flauta de pan, que é um instrumento de sopro constituído por um conjunto de tubos fechados numa extremidade, ligados uns aos outros.

**Figura 23:** Flauta de pã



**Fonte:** acervo do autor

- Instrumentos de corda

Os sons são produzidos através da vibração de uma corda tensionada quando esta é friccionada e seu estudo tem como base a teoria das ondas estacionárias, ou seja, nas diversas frequências das ondas sonoras emitidas pelas cordas.

De acordo com Sears e Zemansky (2015), as frequências naturais de vibração dos instrumentos de corda dependem de três fatores: densidade linear das cordas (a massa da corda dividida pelo seu comprimento), o módulo da tração a que elas estão submetidas (corda mais apertada ou frouxa no braço do instrumento) e o comprimento linear da corda. Isso significa que podemos alterar a altura das notas e sua afinação, ao variar qualquer uma dessas características.

Na fig. 24 é mostrado um violão, através dele é possível analisar as frequências naturais de vibração e os fatores como densidade linear, módulo da tração e o comprimento da corda.

**Figura 24:** Violão



**Fonte:** acervo do autor

Os principais instrumentos de corda são: violão, violino, guitarra, violoncelo.

- Instrumentos de percussão

Nos instrumentos de percussão o som é obtido através de: impacto (percussão), agitação, ou raspagem. O som pode ser produzido com o auxílio, ou não, de baquetas.

Esta categoria possui a maior parte dos instrumentos, que são utilizados, primordialmente com função rítmica, como é o caso da maior parte dos tambores, o triângulo, os pratos e bateria.

Na fig. 25 são mostrados os instrumentos de percussão como o bongô, maracás, tambor eletrônico e bateria.

**Figura 25:** Instrumentos de percussão



**Fonte:** acervo do autor

- Instrumentos de teclas

É qualquer instrumento musical que é tocado utilizando-se um teclado musical. Como exemplos, podem ser citados: o piano, o órgão e o teclado.

Na figura 26 estão representados os instrumentos de tecla, como o harmônio e o teclado

**Figura 26:** instrumentos de tecla



**Fonte:** acervo do autor

- Instrumentos elétricos

Os instrumentos elétricos são aqueles instrumentos musicais que utilizam de fonte de energia para funcionarem. Eletrificar um instrumento é o processo pelo qual se adapta um instrumento acústico (instrumento de som puro, vindo da construção física dos sons) para que o seu som possa ser amplificado eletricamente. Instrumentos eletromecânicos não são instrumentos eletrificados.

O próximo capítulo trata das novas tecnologias na educação e o uso desses recursos na área de Ensino de Física.



#### 4. NOVAS TECNOLOGIAS DIGITAIS NA EDUCAÇÃO

A tecnologia está cada vez mais presente em nossas vidas, atuando nos mais diversos ramos da atividade humana e promovendo transformações radicais na estrutura social, econômica, política, cultural, bem como nos processos que envolvem ensino-aprendizagem. As transformações promovidas pelas novas tecnologias estão possibilitando mudanças na forma como as pessoas se relacionam e interagem diariamente.

No cenário educacional, os profissionais desta área estão sendo, cada vez mais, exigidos e desafiados a conviver e se adaptar a essas transformações, tendo que adequar os métodos e conteúdo de ensino, diante dos avanços tecnológicos no mundo atual. Nesse sentido, os professores precisam encontrar novas alternativas para promover a inclusão e integração das novas tecnologias educacionais digitais às atividades de sala de aula. Essas tecnologias, caracterizam-se pelo uso de redes sociais, fácil acesso a vídeos e simulações, aplicativos online e o uso das tecnologias móveis e portáteis. (BORBA et al., 2014).

Diante das possibilidades para o uso das TDICs, um dos recursos que os professores podem utilizar em sala de aula, e tornar o processo de ensino e aprendizagem dinâmicos, sem a necessidade de grandes investimentos e recursos financeiros, são os dispositivos móveis, que os alunos utilizam e os conectam com a internet. Através desses dispositivos é possível ter acesso aos aplicativos educacionais, que estão disponíveis nas lojas virtuais e, os quais, muitos são gratuitos e podem agregar novos conhecimentos e informações ao estudante e melhorar o ensino.

Segundo pesquisa realizada e divulgada pela Fundação Getúlio Vargas -FGV (2018, p. 8) “somente em 2018 o Brasil alcançou o número de 220 milhões de Smartphones”. É uma quantidade muito grande de aparelhos. Só para ter dimensão desses números, o último censo realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), no ano de 2019, aponta que a população do Brasil corresponde a 210.147.125 de pessoas. Fazendo-se uma comparação entre o número de aparelhos smartphones e tablets e o número de habitantes do nosso país, isso corresponde a mais de um celular inteligente por habitante.

Analisando os números divulgados pela pesquisa (FGV), percebe-se que os smartphones e tablets apresentam grande potencial para serem utilizados como recurso didático, para melhorar os processos de ensino e aprendizagem.

Oliveira et al (2019) informam que a ideia de utilização de smartphones e tablets em sala de aula, como recurso educacional, já vem sendo debatido há algum tempo nos espaços educativos. Muitos profissionais da área da educação vêm chamando a atenção quanto ao uso e inclusão desses dispositivos dentro processo de ensino e aprendizagem.

De acordo com Fonseca (2013), os dispositivos móveis, como tablets e smartphones, apresentam um grande potencial para a implantação da aprendizagem com o M-learning, a qual pode ser descrita como sendo uma modalidade de ensino que, por meio de redes sem fio, utiliza dispositivos móveis para facilitar a transmissão de informações, o acesso ao conteúdo, interação alunos e professores e a consulta e compartilhamento de materiais diversos, em qualquer lugar e a qualquer momento.

De acordo com Pina et al (2016, p.279):

“a adoção generalizada em nossa sociedade de dispositivos móveis como celulares, smartphones e, recentemente, dos tablets, como ferramenta de comunicação e entretenimento está redefinindo a forma como interagimos, nos comportamos e pensamos”.

Esses dispositivos devem ser utilizados para desempenhar uma função crítica no processo de ensino-aprendizagem, possibilitando o acesso à informação e favorecendo aos alunos e professores na busca pelo conhecimento. Para tanto, um importante passo a ser tomado é elaborar estratégias que envolvam o uso desses aparelhos em sala de aula.

É bom destacar que a utilização de recursos didáticos por meio de dispositivos móveis em sala de aula pode ser complementada e agregada aos modelos de aprendizagem já existentes.

A atuação dos professores pode ter um impacto positivo nesse processo, ampliando as possibilidades de ensino, estendendo o aprendizado além da sala de aula, proporcionando, assim, situações personalizadas e, ao mesmo tempo, colaborativas.

A utilização dos M-learning em sala de aula pode ajudar o professor a melhorar sua prática docente, a organizar melhor o gerenciamento de conteúdo, permitir uma

maior interação entre os próprios alunos, além disso, possibilitar a busca por novos meios de gerenciar os recursos que são necessários para melhorar o processo de ensino-aprendizagem.

Lara et al (2013) salientam que dentro contexto educacional, a escola não pode negligenciar ou desconsiderar a importância das novas tecnologias no processo de ensino-aprendizagem. Cabe à escola o papel de incentivar, aprimorar e discutir o seu uso de forma planejada e sistematizada no contexto das aulas.

Rosa, Soso e Darroz (2018) enfatizam que a inércia dos processos educacionais acaba comprometendo o potencial de aprendizagem dos estudantes, porque ainda predomina a aprendizagem mecânica, que não leva em consideração o contexto real, bem como suas necessidades e visões de mundo. Para mudar essa realidade, é necessária a busca por mais informações, o aprofundamento dos conhecimentos, inclusão e implementação de novos recursos didáticos nas aulas, mediadas pelas novas tecnologias educacionais.

Os professores devem tornar suas aulas mais atrativas e ricas de significado. Entretanto, para que a prática pedagógica se torne efetiva e diferenciada, não basta, apenas, o professor utilizar as tecnologias móveis, possibilitando melhorias na qualidade do processo ensino e aprendizagem. A melhoria ocorre quando há interação entre as tecnologias e o homem. Essa interação pode ser promovida pelo professor de forma que ele saiba reconhecer as potencialidades dos dispositivos e, também, possa promover mudanças na arte de ensinar.

A apropriação dessas tecnologias a serem usadas na educação exige pesquisa, estudo e conhecimento para adequá-las às metodologias de ensino e aos processos de aprendizagem, de forma que possam ser sistematizadas em sua prática docente. A esse respeito, Pozo (2012) informa que o processo de ensino e aprendizagem requer planejamento, sistematização e avaliação, sendo indispensável definir objetivos, selecionar conteúdos, especificar estratégias de ensino e recursos adequados, avaliar a aprendizagem do estudante e a eficiência do ensino.

Rosa, Soso e Darroz (2018) informam que um dos grandes desafios do sistema educacional é a falta de proximidade com os contingentes da vida moderna, com os dispositivos e aparatos tecnológicos. Isso acontece tanto em termos de sua utilização como recurso didático quanto no campo das discussões e reflexões sobre os avanços da tecnologia, a sua relação com a ciência e as implicações disso na sociedade.

Um dos recursos que os professores podem se utilizar para tornar suas aulas mais interessantes e permitir que o aluno tenha acesso livre à cultura e ao conhecimento é a utilização de aplicativos educacionais.

#### 4.1. Uso de aplicativos no Ensino

Na área da educação, as tecnologias têm desempenhado papel fundamental dentro da área de ensino, levando os professores a utilizarem com mais frequência os mais variados recursos tecnológicos, a fim de tornar suas aulas mais interessantes. Entre esses recursos que estão sendo bastante difundidos estão os aplicativos educacionais.

O uso de aplicativos educacionais no ensino tem promovido mudanças significativas em diversas áreas do conhecimento, tais como Física, Química, Biologia, Matemática, entre outras. Silva e Martins (2016, p. 2), quanto ao uso desses aplicativos, em especial, em sala de aula para aprofundar os conteúdos do aluno, informam que “esses poderosos inventos tecnológicos são uma forma de valorizar seus conhecimentos, suas habilidades tecnológicas e principalmente de envolvê-lo na formação do seu próprio processo de ensino aprendizagem”.

Dentro do planejamento das atividades metodológicas a serem desenvolvidas pela escola e pelo professor, faz-se necessária a inclusão das novas tecnologias por meio de aplicativos educacionais em sala de aula. Esses aplicativos podem ser usados em dispositivos móveis como tablets, smartphones e outros aparelhos eletrônicos.

A criação de um ambiente virtual na escola e a utilização de recursos tecnológicos como os aplicativos educacionais abrem novas possibilidades de estudos na sala de aula. Além disso, ampliam as possibilidades de ensino e complementam a estrutura já existente no ambiente escolar, facilitando o acesso dos alunos ao conhecimento.

A esse respeito Perez, Viali e Lahm (2015) informam que:

“As Tecnologias da Informação e Comunicação são cada vez mais utilizadas no cotidiano da sala de aula, fato que aproxima a escola do mundo no qual o estudante vive. Recursos computacionais como simuladores auxiliam no Ensino de Física por facilitarem a visualização de conceitos abstratos e por tornarem a prática escolar lúdica e mais interativa. No intuito de integrar a educação formal à realidade do estudante, é importante trazer para a escola os recursos tecnológicos

que ele utiliza diariamente, destacando-se aí os tablets e os smartphones”.

Embora as tecnologias de informação e comunicação sejam uma realidade cada vez mais presente em sala de aula, vale destacar que não basta, apenas, fazer o uso dessas tecnologias no ensino. É fundamental que haja professores dedicados e competentes e que estejam aptos a utilizar esses recursos como potenciais de aprendizado para o estudante.

#### 4.2. O uso de Aplicativos no Ensino de Física

Na área de ensino de Física, existem vários aplicativos educacionais que estão disponíveis na Plataforma Google Play Store, oferecidos para aparelhos com sistema operacional Android.

Oliveira et al (2019) realizaram uma pesquisa procurando mostrar um panorama dos aplicativos educacionais na área de Física disponíveis para o sistema operacional Android.

Na metodologia, os pesquisadores realizaram um mapeamento sistemático organizado em quatro etapas. Na primeira etapa, a pesquisa foi realizada por meio da palavra “Física” e foram encontrados 250 aplicativos. A segunda etapa foi destinada a selecionar aqueles que contêm assuntos relacionados à Física e em português, chegando ao número de 42 aplicativos. Na terceira etapa, destinou-se a mapear os aplicativos na área de Física, momento em que foram excluídos aqueles que apresentam, em seu conteúdo, várias disciplinas ou apenas coletâneas de exercícios, encontrando, assim, 25 aplicativos. Na quarta etapa, fez-se a descrição dos aplicativos selecionados na terceira etapa com mais de 10.000 downloads.

Por meio do estudo desse mapeamento, Oliveira et al (2019) observaram que o sistema Android está sendo cada vez mais utilizado na área da educação, em decorrência dos avanços da ciência e da tecnologia. Esses avanços acabam provocando muitas transformações em todos os ramos das atividades humanas, nos processos de comunicação e informação, bem como no processo ensino-aprendizagem.

Dentro da plataforma Android, existem vários aplicativos educacionais na área de ensino de Física, dos quais os professores dessa disciplina podem se utilizar para tornar suas aulas mais interessantes e ricas de significado. Eles facilitam o acesso ao

conhecimento e, dessa forma, permitem melhorias no processo de ensino-aprendizagem.

Aranha et al (2017, p. 1) tecem o seguinte comentário:

“Tratando-se de tecnologias digitais no ensino de ciências, o uso de aplicativos disponíveis para tablets e smartphones tem sua relevância potencializada por possibilitar o contato do estudante com ambientes virtuais de simulação, não somente de experimentos que poderiam ser realizados somente com equipamentos laboratoriais avançados, mas com simulações que trazem o aspecto visual e interação que não é possibilitada nem por tais equipamentos. Através destes aplicativos, conceitos muito abstratos de ciência ganham vida, e facilitam a compreensão dos estudantes”

Um dos objetivos do ensino de ciências é formar cidadãos críticos para o mundo. Para que isso ocorra, os alunos devem compreender muitos dos conceitos discutidos em sala de aula e aplicá-los a situações práticas em seu cotidiano. O uso desses aplicativos como ferramentas educacionais propicia uma melhor compreensão da ciência e das suas implicações no entendimento dos mais variados fenômenos na natureza.

Segundo a Nova Base Nacional Comum de 2018, divulgada pelo Ministério da Educação, é necessário o incentivo à utilização de diferentes mídias e de tecnologias digitais para diversificar o ensino de ciências. É preciso contextualizar os fenômenos físicos e relacioná-los ao cotidiano dos alunos.

Tendo como base as orientações da Nova Base Nacional Comum destinadas ao uso das novas tecnologias no cenário educacional e aplicando-as ao ensino de Física, o quadro a seguir mostra uma descrição dos principais aplicativos educacionais que podem ser obtidos no Google Play Store, que trabalham com a plataforma Android, e que podem ser utilizados pelos professores dessa área de ensino.

O quadro 1, a seguir, procura apresentar as principais características dos aplicativos educacionais destinados à área de Física e que servem de suporte para os professores trabalharem e diversificarem os conteúdos dessa disciplina, favorecendo ao aluno novas possibilidades de aprendizagem.

**Quadro 1.** Principais características dos aplicativos educacionais na área de Física

	Título do Aplicativo – Google Play	Características
1	Brainly – estude com a gente	Apresenta compartilhamento de dúvidas e respostas de questões, permitindo que outros usuários auxiliem.
2	Conversor de unidades	Disponibiliza um conversor de unidades.
3	Khan Academy	Apresenta vídeos com explicações e exercícios de várias disciplinas, inclusive de Física.
4	Geekie Games Enem	Disponibiliza exercícios relacionados ao ENEM.
5	Passei Direto: o melhor app para você estudar	Oferece explicações sobre várias disciplinas, inclusive Física.
6	Cursos de Graça	Apresenta links para vídeos com explicações.
7	Enem 2018 Simulados e Redação	Aplicativo de ensino de diferentes disciplinas, disponibiliza exercícios do ENEM, incluindo a disciplina de Física.
8	Descomplica – Vestibulares 2018 & Cursinho ENEM	Oferece vídeos com explicações de diversas disciplinas, incluindo Física.
9	Física Básica – Para o ENEM, Engenharias e Escolas	Oferece fórmulas de assuntos da Física, resumos de conteúdo, exercícios e calculadora aplicada às fórmulas.
10	Física Interativa	Apresenta as fórmulas de Física, resumos de vários assuntos e exercícios.
11	Formulário de Física	Apresenta fórmulas de variados assuntos da Física.
12	ENEM 2018 e curso preparatório online – Me Salva!	Apresenta vídeos com explicações de exercícios de inúmeras disciplinas, incluindo Física.
13	Física ENEM	Mostra resumos de vários assuntos de Física, apresenta as fórmulas e disponibiliza uma calculadora de fórmulas aplicadas.
14	Calculadora de Física	Apresenta fórmulas de assuntos da Física e calculadora de fórmulas aplicadas.
15	Fórmulas – Física	Apresenta as fórmulas de vários assuntos da Física.
16	Vivendo a Física	Apresenta fórmulas, resumos de assuntos da Física e exercícios.
17	Física Fábris ENEM	Disponibiliza fórmulas de diversos assuntos da Física e resumos.
18	Física Divertida	Apresenta vídeos com explicações, provas de vestibular para download e blogs.
19	Auxiliar Física	Disponibiliza calculadora com as fórmulas aplicadas.
20	Acústica – Física no ENEM Lite	Apresenta explicações relacionados a Acústica e fórmulas.
21	Simulado de Física (NetFísica)	Apresenta apenas exercícios.
22	Quiz Física	Apresenta apenas exercícios.
23	Fórmulas de Física – ENEM	Apresenta fórmulas de vários assuntos da Física e exercícios.
24	Física in Mãos	Apresenta as fórmulas, resumos de variados assuntos da Física, exercícios, calculadora com as fórmulas aplicadas e biografias de físicos famosos.
25	Responde Aí: Engenharia, Cálculo, Física	Apresenta explicações e exercícios de vários assuntos relacionados à Física.
26	Física Universitária	Apresenta vídeos com explicações de assuntos de Física.
27	Estudapp Física.	Disponibiliza exercícios de vários assuntos da Física.
28	Física quântica para bebês	Apresenta explicações sobre Física quântica.

29	Acústica – Física no ENEM	Apresenta explicações e fórmulas de Acústica.
30	Física de Bolso	Disponibiliza explicações e exercícios de vários assuntos da Física.
31	Fórmula de Física	Apresenta apenas fórmulas.
32	Física em Indagações:	Dinâmica Disponibiliza explicações e exercícios
33	Fórmulas Física Prof. Robson	Apresenta apenas fórmulas.
34	Física Enem e Encena	Apresenta resumos de vários assuntos da Física.
35	Física GO	Disponibiliza as fórmulas e uma calculadora com as fórmulas aplicadas.
36	Física – Ondas e Termo física.	Disponibiliza apenas exercícios.
37	Física Digital	Disponibiliza apenas exercícios.
38	Física Lab Óptica	Apresenta um simulador de óptica geométrica.
39	Biblioteca de Física	Disponibiliza explicações e fórmulas de vários assuntos da Física.
40	FísicaMaster	Apresenta resumos, exercícios, quiz.
41	PhysicaApp	Apresenta simulações em mecânica, eletrodinâmica e Física quântica.
42	PM	Apresenta simulações na área de cinemática.
43	Wave simulator	Apresenta simulador de ondas geradas por fontes puntiformes que demonstra fenômenos como interferência, difração e reflexão de ondas.
44	Física do Basquete	Apresenta uma descrição da cinemática em duas dimensões, dando ênfase ao lançamento oblíquo.
45	Simulador de pêndulo	O aplicativo procura fazer uma análise bidimensional do movimento de um pêndulo.
46	Ray Optics	Possibilita a resolução de problemas envolvendo lentes convergentes e divergentes e espelhos esféricos côncavos e convexos.
47	C. Magnético – Hilo Retilíneo	Aplicativo com guias teóricos sobre campos magnéticos baseados na lei de Biot-Savart.
48	Simphysics	Apresenta simulações envolvendo diversas áreas da Física: eletromagnetismo, energia mecânica, cinemática linear e rotacional, óptica física e geométrica.
49	Oersted	Apresenta a experiência de Oersted.
50	O Atomify,	Desenvolvido para tablets, possui gráficos tridimensionais, que mostram o comportamento do átomo de argônio em diferentes situações.
51	Física Onda	Apresenta conteúdos relacionados às ondas dos mais variados tipos e o acesso das informações está direcionado ao link da wikipedia.
52	Basic Physics	O aplicativo contém informações básicas sobre física, como fórmulas e experimentos.
53	PhET Sims	Apresenta simulações na área de Ciências (Física, Química, Biologia) e de Matemática.
54	Physics at school	Apresenta simulações, que englobam assuntos de mecânica, ondas, termodinâmica, física nuclear, física atômica, eletricidade e magnetismo, relatividade restrita. Possui uma interface simples e agradável em português.
55	Onda sonora osciloscópio	O Aplicativo permite fazer a análise de um som, mostra todas as principais propriedades do sinal, detecta e indica a frequência, forma de onda, período de comprimento de onda e as notas musicais correspondentes a essa frequência.

**Fonte:** adaptado. Oliveira et al (2019, p.99)



Através do mapeamento dos aplicativos educacionais na disciplina de Física disponíveis na plataforma Google Play, Oliveira et al (2019) verificaram, através da pesquisa, que o ensino de Física apresenta várias áreas a serem exploradas quando se relaciona às tecnologias móveis. Há uma grande quantidade de aplicativos com pouca ou nenhuma relação às atividades de ensino de Física. Muitos estão relacionados às provas do ENEM ou oferecem apenas os chamados formulários, um conjunto de muitas fórmulas aplicadas a determinado assunto de Física. Parte deles, apresentam uma versão restrita de uso, sendo oferecido ao usuário a possibilidade de uma versão completa mediante pagamento.

Conforme informa Oliveira et al (2019), através da análise dos resultados da pesquisa, destacam que os professores devem fazer um mapeamento dos aplicativos que queiram utilizar em sala de aula, procurar conhecer as suas principais funcionalidades e adequá-los quanto aos objetivos educacionais propostos, de forma que sirvam de suporte ao processo de ensino-aprendizagem.

A utilização das novas tecnologias educacionais no ensino deve se tornar algo mais presente no ensino de Física. O professor deve aproveitar os elementos presentes na cultura dos jovens e dá-los a autonomia e autoridade para que eles realizem tarefas as quais estão habituados a fazer, como é o caso de diversas tecnologias utilizadas com determinada frequência no seu dia a dia.

Quanto ao uso de aplicativos no ensino de Física, esses recursos permitirão ao estudante uma oportunidade de utilizarem as tecnologias a seu favor, permitindo-lhes construir o seu próprio conhecimento. E dentro desse processo, o professor deverá ser o mediador e possuir competências e habilidades, a fim de saber lidar com as mais variadas situações de ensino-aprendizagem.

Silva, Tavares e Silva (2018) destacam que o uso das novas tecnologias educacionais digitais como subsídio didático, aos poucos, vem se consolidando como uma indispensável ferramenta no contexto educacional. Elas não substituem o professor. Na realidade, os professores devem apresentar as habilidades necessárias para usar tais recursos como auxiliares em sala de aula, fazendo o papel de mediador do processo ensino-aprendizagem.

Tendo em vista contribuir com a melhoria do processo de ensino-aprendizagem na área de Física e promover o uso das novas tecnologias educacionais em sala de aula, foi desenvolvido como produto educacional um aplicativo Android, voltado para aparelhos smartphones e tablets.

O aplicativo apresenta uma lista de conteúdo, questionário, quiz, links e curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais. Além disso, possui um osciloscópio que captura e reconhece algumas características físicas (frequência, comprimento de onda, amplitude, forma de onda) dos sons emitidos pelos instrumentos musicais.

O acesso aos conteúdos, ao quiz, questionários é feita de forma off-line. Somente o acesso aos links e curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais é feita de forma online.

A ideia de desenvolvimento de um aplicativo nasceu da necessidade de aproximar o estudante e a Física, tornando esta ciência mais interessante e rica de significados, bem como de buscar e utilizar novos modelos e métodos educacionais mais eficientes no processo de ensino-aprendizagem.

Com o aplicativo, os alunos terão a possibilidade de acesso aos conceitos relevantes que envolvem a área de Física Acústica, pois trata-se de um recurso didático (material) potencialmente significativo e que permitirá aos estudantes aprofundar e explorar conceitos relacionados às ondas, aos diversos fenômenos ondulatórios, às principais características e propriedades das ondas, bem como, aprofundar os conceitos relacionados às ondas sonoras, qualidades fisiológicas do som e timbre dos instrumentos musicais, além de contar com uma ferramenta (osciloscópio) potencialmente significativa para o aprendizado de ondas sonoras.

O próximo capítulo trata sobre os procedimentos metodológicos utilizados nesta pesquisa, abordando a caracterização da pesquisa, o campo empírico, os sujeitos participantes, o percurso metodológico, os instrumentos de produção e os procedimentos de análise de dados.

## 5 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados os procedimentos metodológicos empregados para o desenvolvimento da pesquisa e do produto educacional. A metodologia adotada corresponde ao conjunto de procedimentos/ações que serão desenvolvidos com o intuito de obter conhecimento científico acerca da problemática de investigação. A proposta trata do desenvolvimento de um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados à área de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

### 5.1 Caracterização da pesquisa

Levando-se em consideração os objetivos propostos da pesquisa, os quais só poderão ser respondidos mediante a realização de experimentos ou de coleta de dados empíricos ou de inserção/intervenção no ambiente a ser estudado, entende-se que se trata de uma pesquisa de campo. (FIORENTINI; LORENZATO, 2012)

Importante destacar que uma pesquisa científica se caracteriza por apresentar diversas modalidades, e cada uma delas pode ser desenvolvida utilizando-se um ou mais métodos. No que diz respeito às modalidades de pesquisa, destacam-se a pesquisa quantitativa e a pesquisa qualitativa. Elas apresentam suas aplicações e diferenças, além da possibilidade de interligação entre as duas.

De acordo com Zanella (2013), o método quantitativo está voltado para a representatividade numérica, ou seja, para a medição objetiva e a quantificação dos resultados. Tem como objetivo central generalizar os dados a respeito de uma população, estudando somente uma pequena parcela dela. O método qualitativo, por sua vez, não procura utilizar a teoria estatística para medir ou enumerar os fatos estudados. Na realidade, a pesquisa qualitativa tem a preocupação de conhecer a realidade segundo a perspectiva dos sujeitos participantes da pesquisa, sem medir ou utilizar elementos estatísticos para análise dos dados.

Para o desenvolvimento desta pesquisa, optou-se por realizar uma pesquisa de natureza quali-quantitativa.

A modalidade de pesquisa quali-quantitativa possibilita interpretar as informações quantitativas por meio de símbolos numéricos e os dados qualitativos mediante a observação, a interação participativa e a interpretação do discurso dos sujeitos participantes.

Dessa forma, a aplicação do método quali-quantitativo possibilita a obtenção de informações relevantes a respeito do conhecimento da realidade escolar e da importância do uso de aplicativos em aulas de Física do Ensino Médio.

## 5.2 Campo empírico

A pesquisa foi realizada na Escola CETI Helvídio Nunes, localizada na cidade de Teresina, bairro Marquês, compreende a área contida no seguinte perímetro: partindo do cruzamento da Rua Anísio de Abreu com Miguel Rosa, segue, em direção norte, até a Rua Pernambuco; alcança a Rua Primeiro de Maio, pela qual atinge a avenida Alameda Parnaíba; chega, por esta, à Rua 13 de Março, por onde continua até a Rua Clodoaldo Freitas; prossegue, por esta, até a Avenida Jacob Almendra e, a seguir, até a avenida Miguel Rosa, retornando ao ponto de partida.

Na figura 27 é mostrada a localização do bairro Marquês de Paranaguá, em Teresina.

Figura 27 : Vista aérea do bairro Marques



Fonte: Google Earth. Data: Julho/2015

De acordo com dados de 2019, da Secretaria Municipal de Planejamento e Coordenação – SEMPLAN, o bairro Marquês conta com unidades de saúde municipal (Centro de Zoonoses) e privado (Clínica e Maternidade Santa Fé e Hospital de Terapia Intensiva - HTI). Possui estabelecimentos de ensino (Unidade

Escolar Helvídio Nunes, Sinval de Castro, Anísio de Abreu, CEJA Professor Cláudio Ferreira, Escola Municipal Eurípedes de Aguiar, Murilo Braga e CMEI Joffre Castelo Branco. Conta com espaços culturais – Clube dos Cabos e Soldados – em frente à Praça Marquês de Paranaguá; 2º Distrito Policial; Atividades empresariais na área de agropecuária, comércio, indústria e serviços. Possui posto do Detran.

A Unidade Escolar CETI Helvídio Nunes pertence à Rede Pública de Ensino do Estado do Piauí e fica localizada na Rua Magalhães Filho, 2020 – Norte, bairro Marquês.

Na figura 28, é mostrada a localização da Unidade Escolar CETI Helvídio Nunes, localizada no bairro Marquês de Paranaguá.

Figura 28: localização da Escola Helvídio Nunes no bairro Marquês



Google Earth. Data: Julho/2021

A escola oferece Ensino Médio Regular (1ª a 3ª série) e possui a seguinte estrutura física:

- Sala dos professores: climatizada, equipada com geladeira, mesa e cadeira, TV e computador;
- Sala de informática, com computadores, conectados à internet;
- 11 salas de aula, todas climatizadas, com capacidade média de 30 alunos por turma;
- Biblioteca equipada com livros das mais variadas áreas do conhecimento (Física, Química, Matemática, Literatura, Geografia, História, etc.), vídeos, DVD e computador;

- Secretaria: equipada com computadores, impressoras e máquina copiadora;
- Sala de recursos audiovisuais, equipada com Datashow, computador e TV;
- Diretoria: climatizada, equipada com computador;
- Sistema de monitoramento eletrônico, com 12 câmeras espalhadas ao longo de corredores, portaria e portão de entrada;
- Quadra de esportes coberta: são realizadas práticas desportivas e eventos promovidos pela escola;
- Cozinha: equipada com fogão, geladeira e mesas;
- Banheiro adequado aos alunos com deficiência ou mobilidade reduzida;
- Quanto aos banheiros: 4 banheiros para os estudantes e 2 para os docentes;
- Almoxarifado;
- Pátio coberto;
- Laboratório de ciências: equipado com aparatos experimentais, nas áreas de Mecânica, Termologia, Óptica e Eletricidade.

O CETI Helvídio Nunes, apresenta a seguinte distribuição de turmas:

- Turma de Atividade Complementar
  - Aulas no período da Manhã
  - Número de turmas: 1 / Média de alunos por turma: 46
  - Matemática
  - Português
- Ensino Médio - 1ª Série
  - Aulas no período da Manhã
  - Número de turmas: 2 / Média de alunos por turma: 38
  - Aula Presencial
  - Inglês
  - Espanhol
  - Artes (Educação Artística, Teatro, Dança, Música, Artes Plásticas e outras)
  - Filosofia
  - Sociologia

- Estudos Sociais ou Sociologia
- Educação Física
  
- Ensino Médio - 2ª Série
  - Aulas no período da Manhã
  - Número de turma: 2 / Média de alunos por turma: 31
  - Aula Presencial
  - Inglês
  - Espanhol
  - Artes (Educação Artística, Teatro, Dança, Música, Artes Plásticas e outras)
  - Filosofia
  - Sociologia
  - Estudos Sociais ou Sociologia
  - Educação
  
- Ensino Médio - 3ª Série
  - Aulas no período da Manhã
  - Número de turmas: 2 / Média de alunos por turma: 23
  - Aula Presencial
  - Inglês
  - Espanhol
  - Artes (Educação Artística, Teatro, Dança, Música, Artes Plásticas e outras)
  - Filosofia
  - Sociologia
  - Estudos Sociais ou Sociologia
  - Educação Física

Na figura 29, é mostrada a frente da escola Helvídio Nunes, localizada no bairro Marquês em Teresina.

Figura 29: CETI Helvídio Nunes



Fonte: acervo do autor

De acordo com dados do censo Educa mais Brasil, na instituição de ensino CETI Helvídio Nunes 100 % dos professores possuem ensino superior completo e no Enem de 2018, 14 % dos estudantes participaram da prova e a área com melhor rendimento foi a de Ciências Naturais (462.22 pontos), que compreende as disciplinas de Física, Química e Biologia. A média geral no Enem é inferior à média da Cidade de Teresina.

### 5.3 Sujeitos participantes

Inicialmente, a proposta de aplicação dessa pesquisa estava direcionada para os alunos do 2º ano, entretanto, devido à pandemia do coronavírus, as aulas na rede pública de ensino foram suspensas em março de 2020, sendo retomadas em outubro, porém, presencialmente, apenas para as turmas de 3º ano do Ensino Médio.

A proposta de aplicação do produto educacional, que inicialmente estava voltada para alunos do 2º ano, teve que ser adaptada aos alunos do 3º ano do Ensino Médio. Além disso, os alunos assinaram um termo de compromisso com a escola e ficaram livres para assistirem às aulas presenciais.

Para fazer a aplicação da pesquisa, apresentou-se o projeto de pesquisa aos Diretores e Coordenadores da escola. Foi solicitado, à direção da escola, a autorização para aplicação da proposta. Após a liberação para aplicá-la em sala de aula, realizou-se uma reunião informal com a direção da escola e com os alunos das turmas de 3º ano, com o intuito de convidá-los a participar do estudo.

Na oportunidade, foram esclarecidos os objetivos da pesquisa, o uso das técnicas e dos instrumentos de coleta de dados, bem como foi combinado o período



de sua aplicação. A participação dos alunos selecionados (amostra) ocorreu por meio da assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (apêndice A).

Por se tratar de uma pesquisa que envolve o conhecimento específico de Física Acústica, instrumentos musicais e o uso de uma tecnologia digital educacional (aplicativo Android), na perspectiva teórica de Ausubel, os sujeitos do processo de ensino-aprendizagem ficaram livres para apontar seus pontos de vista sobre determinados assuntos que estivessem relacionados com o objeto de estudo.

Participaram da pesquisa 16 estudantes, sendo 14 homens e 2 mulheres, com idades em torno de 18 anos.

#### 5.4 Percorso metodológico/Instrumentos de produção de dados

No primeiro e no segundo encontros, foram discutidos os conceitos fundamentais de Física Acústica, relacionando-os ao mecanismo de produção dos sons e ao funcionamento dos instrumentos musicais.

Antes de iniciar a explicação dos conteúdos em sala de aula, realizou-se uma sondagem, para verificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação aos conteúdos relacionados à área de Física Acústica e aos instrumentos musicais.

Entre os questionamentos feitos, inicialmente, aos estudantes, tem-se:

- a) Você sabe explicar o que é onda? Dê exemplos.
- b) O que é uma onda mecânica? E uma onda eletromagnética? Dê exemplos de cada uma delas.
- c) Quais os principais fenômenos ondulatórios existentes?
- d) O que é som?
- e) Quais as leis físicas que explicam o princípio de funcionamento dos instrumentos musicais?
- f) Você sabe informar como são classificados os instrumentos musicais? Dê exemplos.
- g) Como são produzidos os sons nos instrumentos musicais?

Por meio das respostas dadas oralmente, foi possível verificar o conhecimento prévio dos alunos acerca de Física acústica e instrumentos musicais.

Conclusões do pesquisador:

**a)** *Associaram o conceito de onda ao de vibração. Exemplos: ondas do mar, ondas num lago.*

- b) Citaram exemplos de ondas, mas não souberam responder o que diferencia uma onda mecânica de uma onda eletromagnética.*
- c) Fenômenos citados: reflexão, interferência e refração.*
- e) Associaram som a música e instrumento musical.*
- d) Não responderam.*
- e) Instrumentos de corda, sopro e percussão. Violão, flauta e tambor.*
- f) Através de batidas e soprando.*

Os alunos não conseguiram dar respostas mais aprofundadas em relação aos conhecimentos da área de Física Acústica e instrumentos musicais, porque não viram o conteúdo no 2º ano do Ensino Médio.

Após detectar essa carência de conhecimento científico por parte dos estudantes em relação à área de Física Acústica, foram realizados os seguintes procedimentos metodológicos:

- Aulas teóricas (expositivas) tratando sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica;
- Uso de instrumentos musicais como suporte prático para a teoria apresentada em sala de aula.

As aulas teóricas foram trabalhadas em conjunto com os instrumentos musicais (violão, flauta, tambor, escaleta, gaita, Inti Drum, xilofone e teclado), a fim de facilitar a compreensão da teoria sobre Física Acústica.

As aulas ministradas no período que antecedeu ao pré-teste desta pesquisa tiveram como objetivo discutir conceitos fundamentais de Física Acústica, aplicando-os ao mecanismo de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais, onde procurou-se estabelecer uma organização e integração entre o que o aluno já sabia e reforçando com novos conhecimentos, de acordo com a perspectiva teórica da aprendizagem significativa de Ausubel.

- a) Os conteúdos apresentados e discutidos em sala de aula foram os seguintes:
- Conceito de onda;
  - Natureza das ondas: mecânicas e eletromagnéticas;
  - Tipos de onda: longitudinal e transversal;
  - Direção de propagação das ondas: ondas uni, bi e tridimensionais;

- Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, interferência, polarização, ressonância, difração.
- Ondas periódicas (período, frequência, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação das ondas)
- Física Acústica
- Onda sonora e suas principais características;
- Qualidades fisiológicas do som (timbre, intensidade e altura);
- O ouvido humano.

#### b) Instrumentos musicais

- Mecanismo de produção dos sons nos instrumentos musicais (violão, escaleta e xilofone);
- Principais fenômenos físicos associados à produção dos sons: ondas estacionárias e ressonância.

Dessa forma, a discussão envolvendo os conceitos fundamentais de Física Acústica e o mecanismo de funcionamento e produção dos sons nos instrumentos musicais visou tornar o processo de ensino-aprendizado mais satisfatório e rico de significados, aproximando teoria e prática, servindo como âncora para novos conhecimentos.

No terceiro encontro, foi aplicado um questionário semiestruturado (pré-teste), a fim de verificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação à Física Acústica e aos instrumentos musicais. O questionário apresentava dez (10) questões (abertas e fechadas) envolvendo conceitos Fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais.

No quarto encontro, foram realizadas atividades experimentais pelo professor/pesquisador, envolvendo o uso do osciloscópio do produto educacional (aplicativo Física Acústica Fácil) e os instrumentos musicais. Nessas atividades, o osciloscópio do produto educacional foi utilizado para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais e os parâmetros físicos das ondas, tais como a frequência, amplitude, comprimento de onda, forma de onda etc.

No procedimento experimental envolvendo o osciloscópio foram utilizados os seguintes instrumentos musicais:

### **a) Escaleta**

A escaleta consiste num aerofone que apresenta palhetas livres. O princípio de funcionamento é parecido com o acordeão e com a harmônica de boca. Apresenta um teclado parecido com o do piano, em proporções bastante reduzidas. A extensão varia de acordo com o instrumento, podendo apresentar entre 32 e 37 teclas. Na extremidade do instrumento, existe um orifício, no qual é possível adaptar um tubo flexível. Soprando através do tubo e pressionando as teclas, os sons produzidos correspondem às notas musicais tocadas.

O músico sopra pela boquilha do instrumento, enquanto pressiona uma ou mais teclas. Ao pressionar uma tecla, abre-se o caminho para a passagem de ar pela palheta correspondente. Com a passagem do ar, a palheta vibra gerando a nota. As palhetas são semelhantes às da gaita de boca e do acordeão.

### **b) Xilofone**

O xilofone é um instrumento musical de percussão que apresenta várias lâminas de madeira ou metal, que estão organizadas cromaticamente.

As placas de madeira ou aço estão dispostas de maneira semelhante às teclas de um piano e apresentam tamanhos diferentes. À esquerda de quem toca o instrumento, as notas produzidas geram sons mais graves e, em direção à direita, as notas são mais agudas.

### **c) Violão**

O violão é um instrumento musical de cordas. É composto de três partes principais: a cabeça, o braço e o corpo. Na cabeça, ficam as peças chamadas de cravelhas ou tarraxas, nas quais são enroladas as cordas. O braço, por sua vez, está preso ao corpo do violão. Nele, há vários filetes (trastes) que ficam na posição vertical. Entre um filete e outro, ficam as casas que ajudam o violonista a produzir diferentes notas musicais e acordes.

O objetivo da atividade prática-experimental envolvendo os instrumentos musicais e o osciloscópio do aplicativo foi o de aprofundar o conhecimento prévio dos alunos em relação à Física acústica e aos instrumentos musicais, tendo como base teórica a aprendizagem significativa de Ausubel.

Além dos encontros presenciais, foram aplicadas duas atividades extraclases envolvendo o uso do aplicativo. O objetivo dessas atividades foi o de verificar a sua funcionalidade prática e explorar a resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, quiz, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais). Elas serviram para aprofundamento dos conteúdos relacionados ao estudo realizado em sala de aula.

Dentro do processo de ensino, é fundamental a utilização de recursos didáticos que potencializem o aprendizado do aluno. O aprofundamento dos conteúdos, mediados pelo professor, permite a interação e a integração dos conhecimentos.

Nesse encontro envolvendo os conceitos sobre Física Acústica, os instrumentos musicais e o osciloscópio do aplicativo para captação e reconhecimento dos sons, os alunos tiveram a oportunidade de aprofundar os seus conhecimentos.

No quinto encontro, foi aplicado um questionário semiestruturado (pós-teste), com o intuito de verificar se a proposta do uso do aplicativo, enquanto recurso didático, possibilita a aprendizagem significativa de Física Acústica na perspectiva teórica de Ausubel.

O plano de trabalho trilhado nessa pesquisa está representado no cronograma representado no quadro 2, abaixo.

**Quadro 2:** Cronograma do plano de trabalho

Encontros/aula	Data	Carga horária	Ações
1º	19/11/2020	2 h/a (80 min)	Aula teórica sobre Física Acústica e funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais
2º	24/11/2020	2 h/a (80 min)	Aula teórica sobre Física Acústica, funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais
3º	26/11/2020	2 h/a (40 min)	Aplicação do Pré-teste
4º	01/12/2020	4 h/a (80 min)	Atividade-experimental/teórica envolvendo o aplicativo e os instrumentos musicais
5º	10/12/2020	2 h/a (80 min)	Aplicação do Pós-teste e avaliação da pesquisa junto aos estudantes

**Fonte:** Próprio autor.

Na Figura 30, é mostrada a aula envolvendo o uso do aplicativo Android Física Acústica Fácil e os instrumentos musicais.

**Figura 30:** Aula experimental com aplicativo e instrumentos musicais



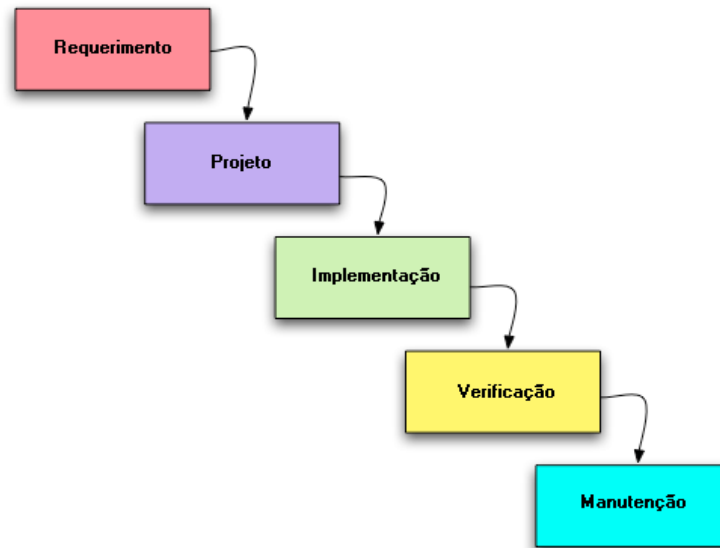
Fonte: acervo do autor

### 5.5 Desenvolvimento do aplicativo Física Acústica Fácil

O processo de desenvolvimento de software é um processo que divide o trabalho de desenvolvimento de software em etapas menores, paralelas ou sequenciais, para melhorar seu design e gerenciamento. É conhecido como o ciclo de vida do software, pois as etapas podem ser repetidas conforme necessário, quando um novo requisito de software é encontrado, por exemplo. Dependendo do modelo de processo utilizado, pode haver um número diferente de etapas e podem ser mais ou menos burocráticas.

Para o desenvolvimento da aplicação Física Acústica Fácil, foi utilizado o modelo em cascata, representado pela figura 31. O modelo em cascata possui cinco etapas, que são: análise de requisitos, projeto ou design de software, implementação, verificação ou teste e manutenção.

Figura 31: Modelo em cascata do desenvolvimento do aplicativo



Fonte: <https://casadaconsultoria.com.br/modelo-cascata/>

Na análise de requisitos, foram determinadas as necessidades ou condições para atender o produto, levando em consideração os requisitos, possivelmente conflitantes, analisando, validando e gerenciando os requisitos da aplicação.

Na concepção do projeto foram definidas a estrutura de dados, as tecnologias utilizadas e os detalhes procedimentais. Na estruturação dos dados, foram definidos os campos de cada entidade no banco de dados, bem como a relação que cada entidade tem entre si. Em seguida, foram escolhidas quais tecnologias seriam utilizadas.

Para o desenvolvimento do aplicativo Android, foi utilizado o Java, linguagem nativa do sistema operacional. Para alimentar o banco de questões e os textos da aplicação, foi necessária uma plataforma web, por isso foi escolhida a plataforma Heroku, que é uma nuvem que suporta várias linguagens de programação. E para gerenciar o conteúdo na nuvem, foi utilizado o Strapi, que oferece uma interface fácil de usar, para inserir e editar dados.

Em seguida, o aplicativo foi implementado, utilizando todos os requisitos coletados na fase inicial. O projeto com os códigos-fonte do aplicativo foi criado por meio do programa de edição de código Android Studio. Cada arquivo de código-fonte foi separado para representar uma tela do aplicativo. Um banco de dados local foi criado para receber os textos dos documentos e do questionário. Esses textos são

carregados no aplicativo no momento de sua inicialização, por meio da comunicação com a nuvem onde estão esses dados. E, através dos sensores do celular, foi feita a implementação do osciloscópio, recebendo os dados do som do ambiente e transformando-os em um gráfico.

Na fase de testes, são feitas simulações para encontrar possíveis erros na implementação. Testes manuais foram feitos, com uma pessoa testando diretamente o aplicativo. Também foram feitos testes de resposta, executando um pequeno código, para ver se uma ação do aplicativo retornaria à resposta esperada.

Após o teste, o aplicativo foi distribuído por meio da plataforma do Google para Android, a Google Play Store. Finalmente, iniciou-se a fase de manutenção, onde possíveis falhas que forem encontradas no futuro serão corrigidas ou novos recursos serão implementados.

No apêndice J, é representado os ambientes de desenvolvimento do aplicativo.

O conteúdo do aplicativo Física Acústica Fácil está organizado da seguinte forma:

- 1ª parte – teórica – São apresentados os conceitos fundamentais de Física Acústica; exercícios, links e curiosidades direcionadas à área de Física Acústica e dos instrumentos musicais.

- 2ª parte – experimental – É apresentado um osciloscópio que capta o áudio do microfone do aparelho; o dispositivo mostra o gráfico do sinal sonoro e o representa em forma de onda; apresenta a frequência e a amplitude da onda.

A seguir é apresentada a parte teórica que compõem a estrutura do aplicativo.

No print 1 é apresentado o logo do aplicativo desenvolvido como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.



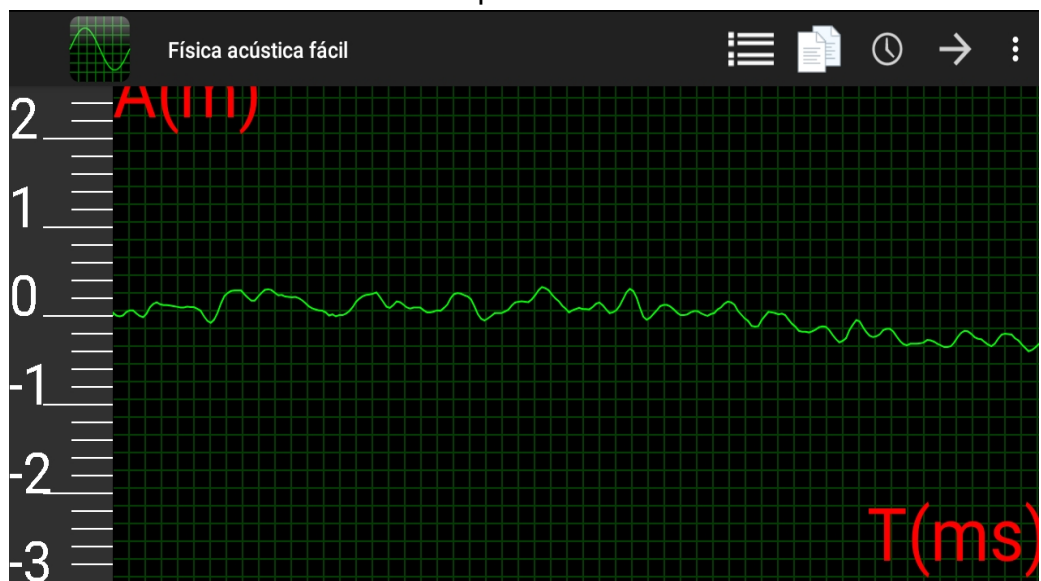
**Print 1:** Logo do aplicativo Física Acústica Fácil



Fonte: acervo do autor

No print 2, é apresentada a tela com os menus, onde estão distribuídos os tópicos do aplicativo, desenvolvidos como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.


**Print 2:** Tela com os menus do aplicativo Física Acústica Fácil





Fonte: acervo do autor

Abaixo estão representados os menus do aplicativo:



 : Conteúdos de Física acústica

 : Período de oscilação do osciloscópio

 : Espectro sonoro do osciloscópio, referências e informações sobre o aplicativo

 : Quiz

No print 3, é apresentado o acesso ao conteúdo do aplicativo.

**Print 3:** Conteúdo do aplicativo

← Documentos	
1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS
2	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS
3	ONDAS PERIÓDICAS
4	FÍSICA ACÚSTICA
5	O OUVIDO HUMANO
6	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS – ONDAS SONORAS
7	INSTRUMENTOS MUSICAIS
8	QUESTIONÁRIO
9	LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA ACÚSTICA

Fonte: acervo do autor

O print 4 trata sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica.

#### Print 4: Conceitos Fundamentais de Física Acústica



### CONCEITOS FUNDAMENTAIS

Segundo Halliday e Resnick (2016), onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento, não havendo transporte de matéria.

As ondas, qualquer que seja ela, podem ser classificadas, quanto à sua natureza, basicamente em ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas ou ondas de matéria ( BORGES ; RODRIGUES, 2016).

De acordo com Halliday e Resnick (2016), as ondas mecânicas são geradas a partir da perturbação de um meio elástico, ou seja, de um meio material (sólido, líquido ou gasoso). As partículas do meio, atingidas pela perturbação, tendem a retornar às suas posições de equilíbrio, e a perturbação termina por se propagar através do meio.

As ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem ( não se propagam no vácuo). Exemplos : ondas criadas numa corda, ondas na superfície dos líquidos ou, ainda ondas sonoras se propagando no ar (HALLIDAY ; RESNICK, 2016).

Na figura 1, está representada a mão da pessoa que produz perturbações na superfície da água e estas acabam se propagando a partir do ponto em que foram produzidas.

**Figura 1:** onda na superfície de um lago



Fonte: acervo do autor

No print 5, são apresentados os fenômenos ondulatórios mais comuns, que acontecem com as ondas mecânicas e eletromagnéticas.

**Print 5:** Fenômenos ondulatórios

← **FENÔMENOS ONDULATÓRIOS**

Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes:

**a) Reflexão**

Ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e retorna ao meio original. Durante a propagação da onda, não ocorrem alterações na velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda (GASPAR, 2017)

Na figura 5 abaixo representada, a superfície da água funciona como um espelho, refletindo a imagem dos barcos que estão ancorados no porto.

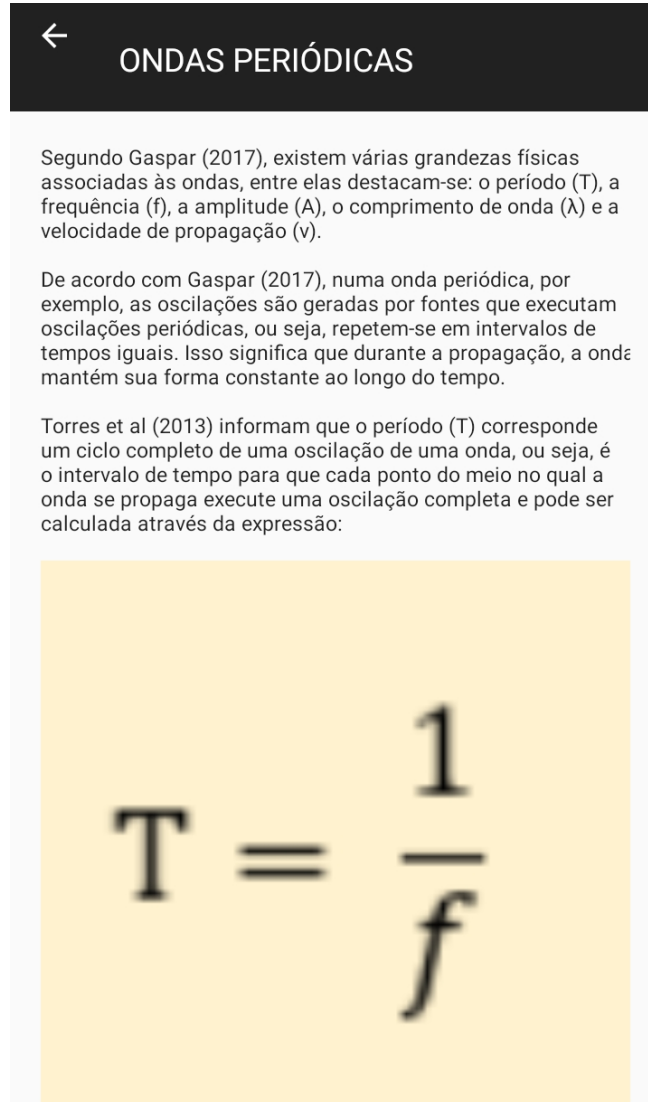
**Figura 5:** Reflexão da luz



Fonte: acervo do autor

O print 6 trata sobre as ondas periódicas e seus principais elementos físicos, que estão associados às ondas.

### Print 6: Ondas periódicas



Segundo Gaspar (2017), existem várias grandezas físicas associadas às ondas, entre elas destacam-se: o período (T), a frequência (f), a amplitude (A), o comprimento de onda ( $\lambda$ ) e a velocidade de propagação (v).

De acordo com Gaspar (2017), numa onda periódica, por exemplo, as oscilações são geradas por fontes que executam oscilações periódicas, ou seja, repetem-se em intervalos de tempos iguais. Isso significa que durante a propagação, a onda mantém sua forma constante ao longo do tempo.

Torres et al (2013) informam que o período (T) corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda, ou seja, é o intervalo de tempo para que cada ponto do meio no qual a onda se propaga execute uma oscilação completa e pode ser calculada através da expressão:

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

Fonte; acervo do autor

O print 7 trata sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica.

### Print 7: Física Acústica

← FÍSICA ACÚSTICA

De acordo com Alvarenga (2012), os fenômenos sonoros estão relacionados as vibrações dos corpos materiais, ou seja, todas as vezes que escutamos um som, há um corpo material que vibra e produz este som.

As ondas sonoras são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Logo, ao contrário da luz ou de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo (ALVARENGA, 2012)

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas sonoras são conhecidas como ondas de pressão. Na figura 15, por exemplo a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, variações da pressão que se propaga através do meio.

**Figura 15:** Tambor eletroacústico

A photograph showing a man in a blue t-shirt playing a set of electronic drums. He is positioned behind two large, light-colored drum pads mounted on a stand. The background is a simple indoor setting with a white wall and a window.

Fonte: acervo do autor

O print 8 procura trabalhar o mecanismo de funcionamento e captação de som pelo ouvido humano.

**Print 8:** O ouvido humano

←

## O OUVIDO HUMANO

De acordo com GARCIA ( 2013 ), o aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. Essa energia é, então, enviada ao cérebro através de impulsos elétricos que se propagam pelas terminações nervosas, provocando a sensação auditiva.

Para entender como ocorre a sensação auditiva, é importante que o ouvido humano é dividido em três partes: ouvido externo, constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; ouvido médio, onde se localizam três pequenos ossos, que são o martelo, a bigorna e o estribo; ouvido interno, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração captada pelo tímpano (TORRES et al, 2013).

A figura 18 representa os elementos que constituem o ouvido humano. Observe que a figura mostra o percurso das ondas sonoras até chegar ao ouvido e o trajeto ao longo do canal auditivo.

**Figura 18:** elementos do ouvido humano

Fonte: Torres et al (2013)

No print 9, são apresentados os principais fenômenos ondulatórios que estão presentes nas ondas sonoras.

## Print 9: Fenômenos ondulatórios – ondas sonoras



### FENÔMENOS ONDULATÓRIOS – ON...

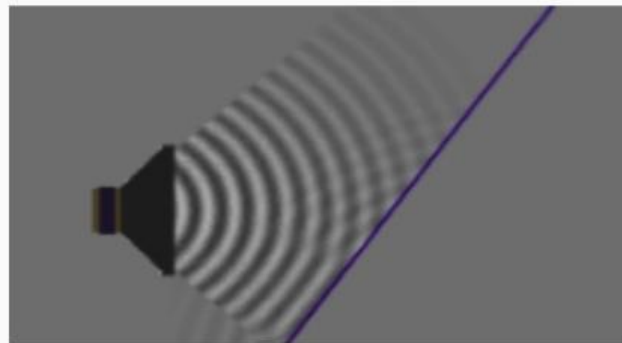
Entre os diversos fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacam-se os seguintes: reflexão, refração, difração, interferência, ressonância e batimentos.

#### a) Reflexão do som

Yamamoto e Fuke (2017) informam que o menor intervalo de tempo para que dois sons não se separem no cérebro é em torno de 0,1 s (persistência acústica). A reflexão do som ocorre em três níveis: eco reforço e reverberação. O eco é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \geq 0,1$  s. Nele, o observador ouve separadamente o som direto e o som refletido; a reverberação é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t < 0,1$  s. Isso significa que o observador ouve o som refletido quando o direto está se extinguindo; o reforço é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \approx 0$  s. Dessa forma, o observador ouve o som direto junto com o som refletido. Há somente aumento da intensidade sonora.

A figura 19 representa o som refletido em um obstáculo. Observe que a onda sonora produzida pela fonte vibrante ao atingir uma barreira sofre reflexão.

**Figura 19:** Reflexão do som em um obstáculo



Fonte: PhET Interactive Simulations

Fonte: acervo do autor

No print 10, são abordados os conceitos, mecanismo de produção e funcionamento dos instrumentos musicais.

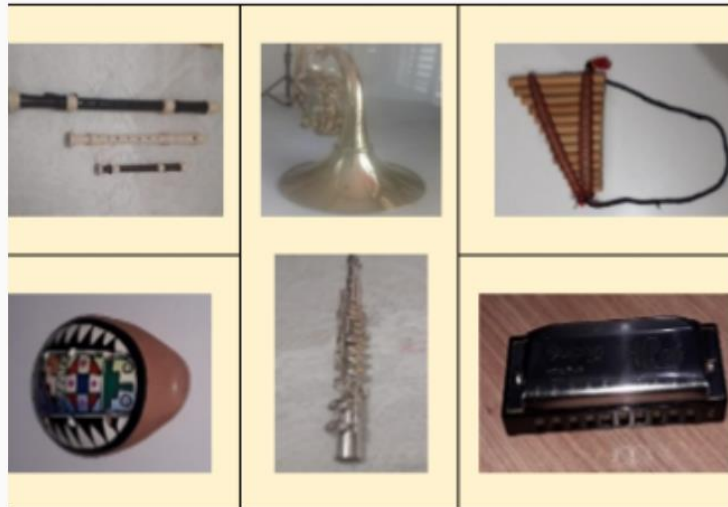


**Print 10: Instrumentos Musicais****INSTRUMENTOS MUSICAIS****b) Instrumentos de sopro**

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos de sopro são basicamente tubos com uma extremidade aberta e a outra fechada ou as duas extremidades abertas. O princípio físico que permite a emissão de sons de várias frequências por esses instrumentos, fundamenta-se na formação de ondas estacionárias dentro dos tubos. Porém, essas ondas são diferentes das formadas nas cordas vibrantes. Ao soprar dentro do tubo, o músico introduz um jato de ar que provoca vibrações que se propagam da coluna de ar ao interior do tubo. Essas vibrações são longitudinais, ao contrário das ondas nas cordas que são transversais.

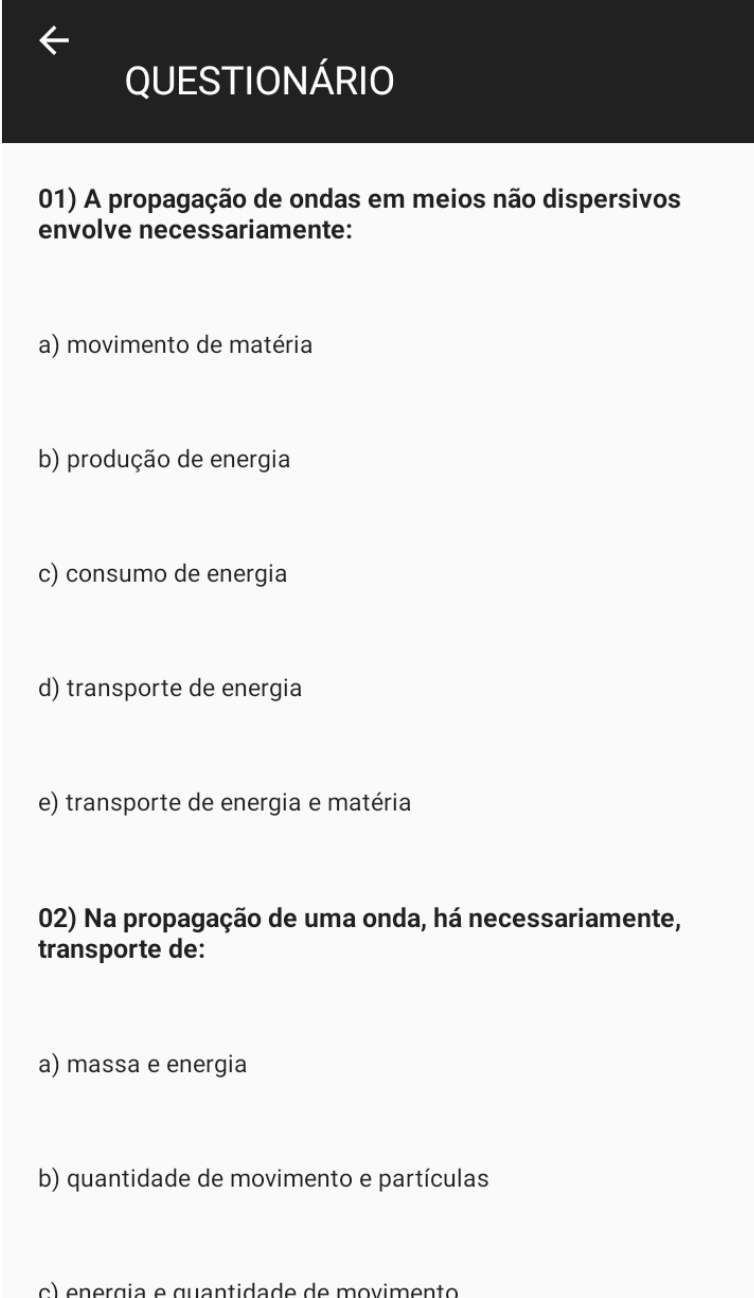
Na figura 30 são representados exemplos de instrumentos musicais de sopro (flauta, ocarina, gaita, flauta de pan e trompa)

**Figura 30:** instrumentos de sopro



Fonte: acervo do autor

O print 11 apresenta um questionário contendo vinte (20) questões envolvendo os conteúdos de Física Acústica e instrumentos musicais.

**Print 11: Questionário**

←  
**QUESTIONÁRIO**

**01) A propagação de ondas em meios não dispersivos envolve necessariamente:**

- a) movimento de matéria
- b) produção de energia
- c) consumo de energia
- d) transporte de energia
- e) transporte de energia e matéria

**02) Na propagação de uma onda, há necessariamente, transporte de:**

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento

Fonte: acervo do autor

No print 12 são apresentados os links e curiosidades sobre Física Acústica e os instrumentos musicais.

**Print 12:** Links e curiosidades sobre Física acústica**a) Fones de ouvido contribuem para a perda da audição em jovens**

Disponível em:

<http://veja.abril.com.br/saude/fones-de-ouvido-contribuem-para-a-perda-da-audicao-em-jovens/>

**b) A Física nos instrumentos musicais – Brasil Escola**

Disponível em:

<https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-fisica-os-instrumentos-musicais.htm>

**c) Ondas sonoras - a: Timbre, altura e intensidade**

Disponível em:

<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras-a-timbre-altura-e-intensidade.htm>

**d) Instrumento musical e a importância para o cérebro**

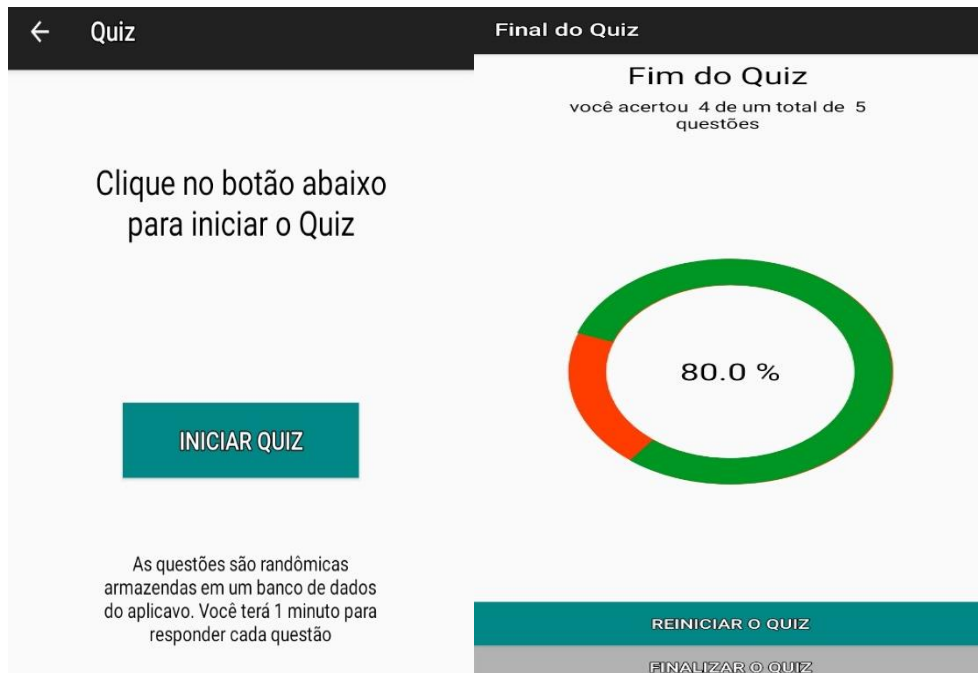
Disponível em:

<https://revistaeducacao.com.br/2019/01/29/instrumento-musical-cerebro/>

Fonte: acervo do autor

No print 13 está representado o quiz, no qual apresenta um banco de dados contendo de 30 questões. Nele o aluno terá 1 minuto para responder cada questão. Ao final de cinco questões respondidas, o quiz apresenta o percentual de acertos e erros.

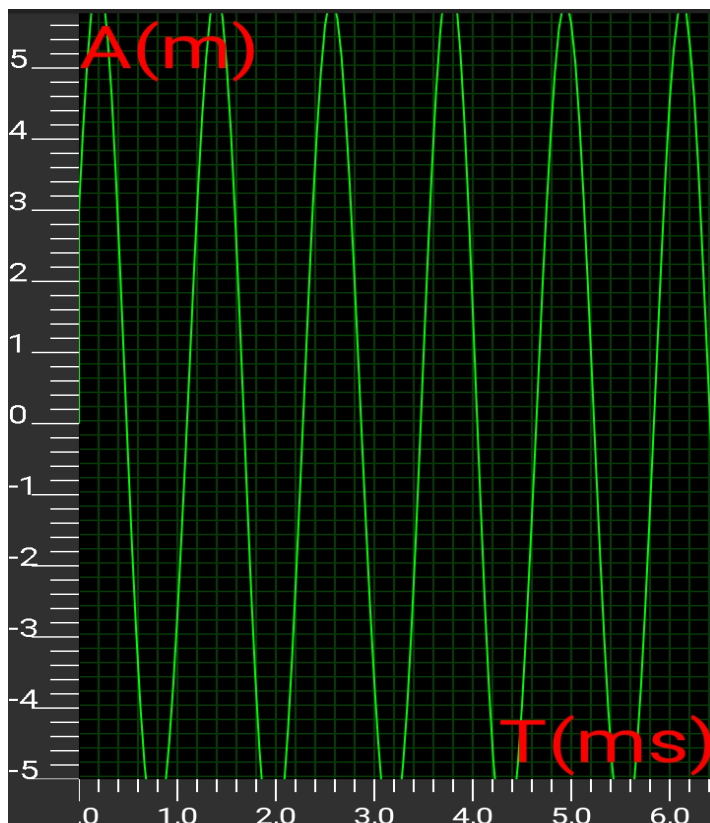
### Print 13: Quiz



Fonte: acervo do autor

No print 14, é mostrado o comportamento gráfico, em termos de frequência e amplitude, de um sinal sonoro (assobio) captado pelo osciloscópio

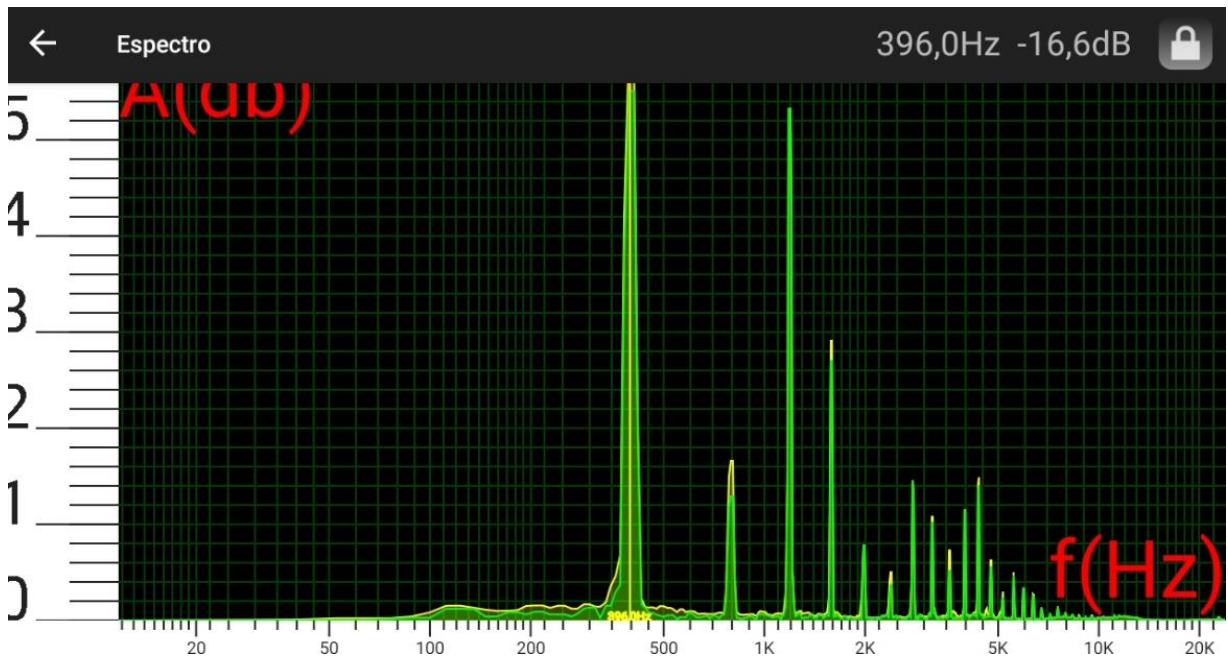
**Print 14:** Onda captada pelo osciloscópio



Fonte: acervo do autor

O print 15 mostra o espectro sonoro de uma nota musical (Sol) produzida na escaleta.

**Print 15:** Espectro sonoro



Fonte: acervo do autor

## 5.6 Procedimento de análise de dados

O procedimento de análise de dados levou em conta a Análise de Conteúdos, conforme as orientações de Laurence Bardin. Para Bardin (2011, p. 44), a análise de conteúdo aparece como sendo “[...] um conjunto de técnicas de análise das comunicações que utiliza procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens [...]”. De acordo com Bardin (2011), essa técnica de procedimento de análise de dados se organiza em três fases, a saber: a primeira é a pré-analítica, correspondente à fase de organização do material a ser estudado; a segunda, a analítica, que é o estudo do material da codificação, da classificação e da categorização; e a terceira, a interpretação inferencial, que consiste em reflexão, a fim de estabelecer relações com a realidade pesquisada, realizando-se as referências necessárias.

O próximo capítulo trata da análise de dados e da discussão dos resultados que envolvem o pré-teste, o produto educacional (o osciloscópio do aplicativo Android) nas atividades experimentais e o pós-teste, levando em consideração o método de

pesquisa quali-quantitativo, a perspectiva teórica de Ausubel e a análise de conteúdo de Bardin.

## 6 ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

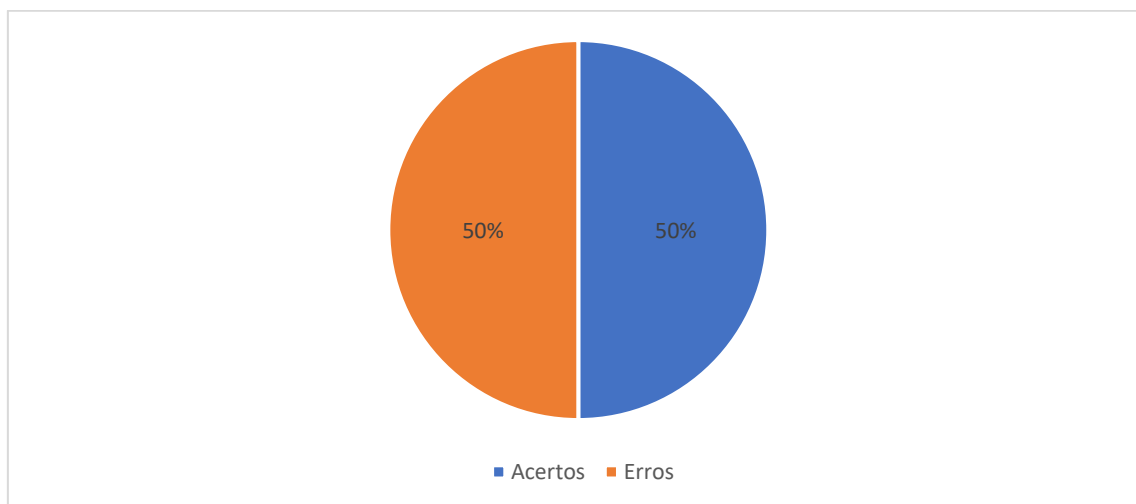
Nesta seção são apresentados os resultados e discussões que envolvem o pré-teste, o produto educacional (o osciloscópio do aplicativo Android) nas atividades experimentais e o pós-teste, levando em consideração o método de pesquisa qualitativo, a perspectiva teórica de Ausubel e a análise de conteúdo de Bardin.

### 6.1 Análise quantitativa do Pré-teste

#### 1ª Questão:

A primeira questão do pré-teste apresenta os conceitos fundamentais, a natureza das ondas, os exemplos de ondas (mecânicas e eletromagnéticas) e as características das ondas. Dos 16 estudantes que responderam a esta questão, a porcentagem de acertos foi 50% (8 estudantes) e a de erros foi 50% (8 estudantes), conforme mostrado no gráfico 1.

**Gráfico 1:** Conceitos fundamentais (pré-teste)



**Fonte:** próprio autor

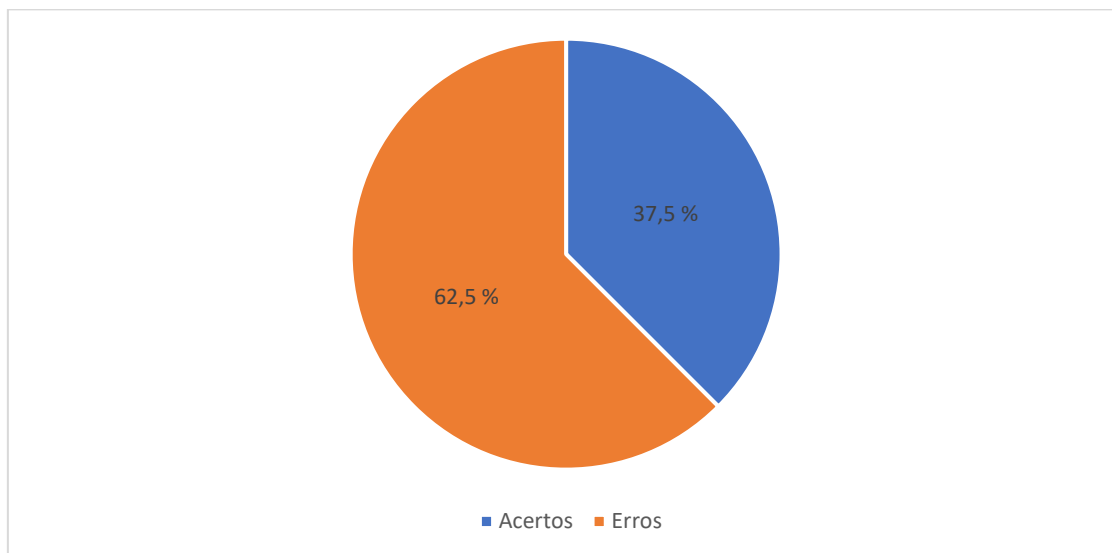
#### 2ª Questão.

A segunda questão do pré-teste está relacionada às grandezas físicas associadas às ondas periódicas. Nessa questão, o estudante procurava fazer a associação entre essas grandezas e seus respectivos conceitos. As grandezas físicas envolvidas nesse processo foram: a velocidade de propagação das ondas, o comprimento de onda, a frequência, o período e a amplitude.



Entre os 16 respondentes, cerca de 37,5% (6 estudantes) responderam corretamente à questão e 62,5% (10 estudantes) erraram a questão, conforme é mostrado no gráfico 2.

**Gráfico 2:** Grandezas físicas (pré-teste)

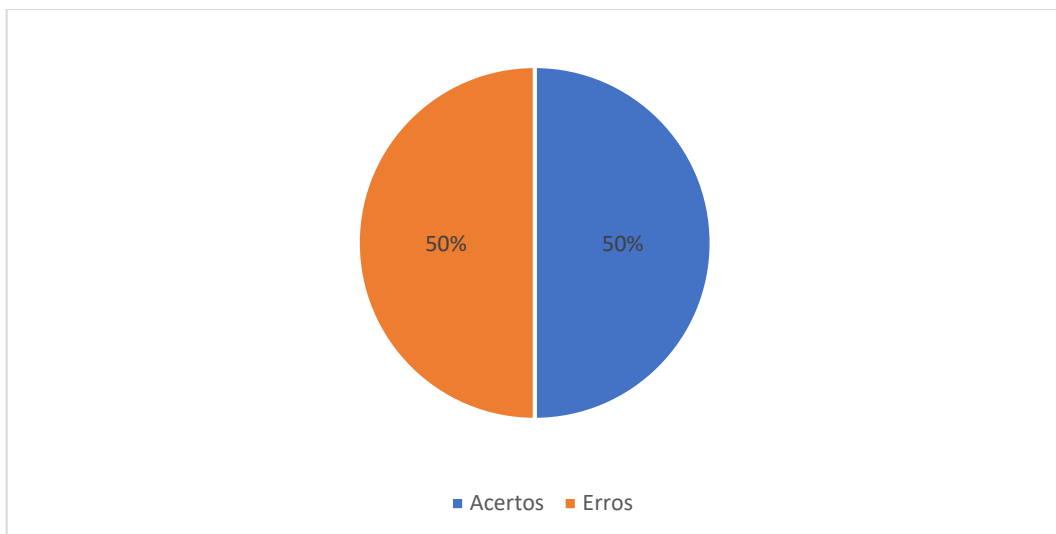


**Fonte:** próprio autor

### **3ª Questão:**

A terceira questão do pré-teste refere-se aos fenômenos ondulatórios (reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância) que ocorrem com as ondas mecânicas e eletromagnéticas.

Entre os respondentes, 50% (8 estudantes) responderam corretamente a questão, enquanto 50% (8 estudantes) erraram a questão, conforme mostrado no gráfico 3 abaixo.

**Gráfico 3:** Fenômenos ondulatórios (pré-teste)

**Fonte:** próprio autor

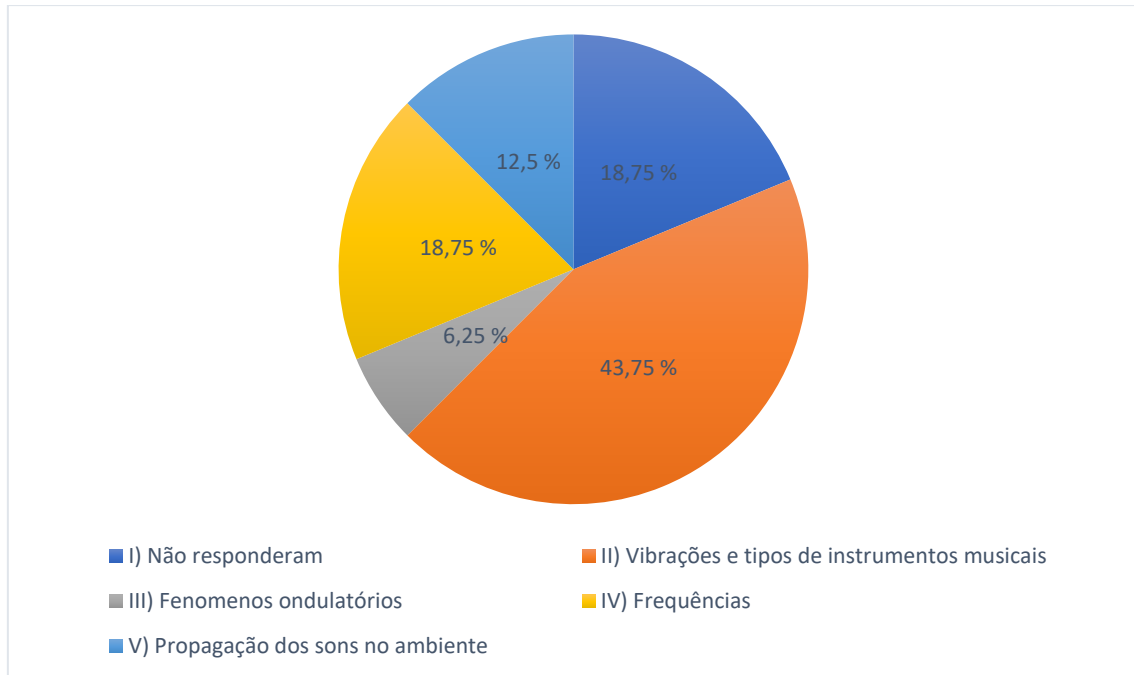
#### 4ª Questão

A quarta questão do pré-teste refere-se à maneira como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Utilizando a análise de conteúdo de Bardin, de acordo com as respostas dos alunos, a questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Não responderam;
- II) Vibrações e tipos de instrumento musical;
- III) Fenômenos ondulatórios;
- IV) Frequência;
- V) Propagação dos sons no ambiente;

De acordo com o gráfico 4, cerca de 18,75% (3 estudantes) não responderam à questão, enquanto 43,75% (7 estudantes) relacionaram a produção dos sons com a vibração dos instrumentos musicais. Cerca de 6,25% (1 estudante) associou a produção dos sons com os fenômenos ondulatórios. Apenas 18,75% (3 estudantes) associaram às frequências dos sons produzidos pelos instrumentos musicais. Por fim, cerca de 12,5% (2 estudantes) responderam que a produção dos sons estão relacionadas à propagação deles no ambiente.

**Gráfico 4:** Produção dos sons nos instrumentos musicais (pré-teste)

**Fonte:** próprio autor

Seguem abaixo as respostas dos alunos em relação a produção dos sons nos instrumentos musicais.

A1: *“Elas são produzidas com frequências vindas de diferentes estímulos sendo de corda, sopro e ondas eletromagnéticas que afetam o ambiente”*

A2: *Não respondeu*

A3: *“No toque das cordas”*

A4: *“Por meio de uma onda produzida ou por uma corda sopro, etc.”*

A5: *“São produzidos através de cordas a partir de certos sons e a partir de vibração de membranas”*

A6: *“A partir de cordas, a partir de tubos sonoros, vibrações de membranas”*

A7: *“Os instrumentos musicais produzem sons através de ondas invisíveis que se propagam no ar”*

A8: *“Na maioria dos instrumentos são usados meios de ocorrer sons como instrumentos de sopro que é usado o ar”*

A9: *“São ondas sonoras que se propagam no ar e no ambiente”*

A10: *“Através de vibração de cordas nos instrumentos acústico”*

A11: *“Através de vibração de cordas “*

A12: “Através da refração e ressonância”

A13: Não respondeu

A14: Não respondeu

A15: “Com frequências sonoras no ar”

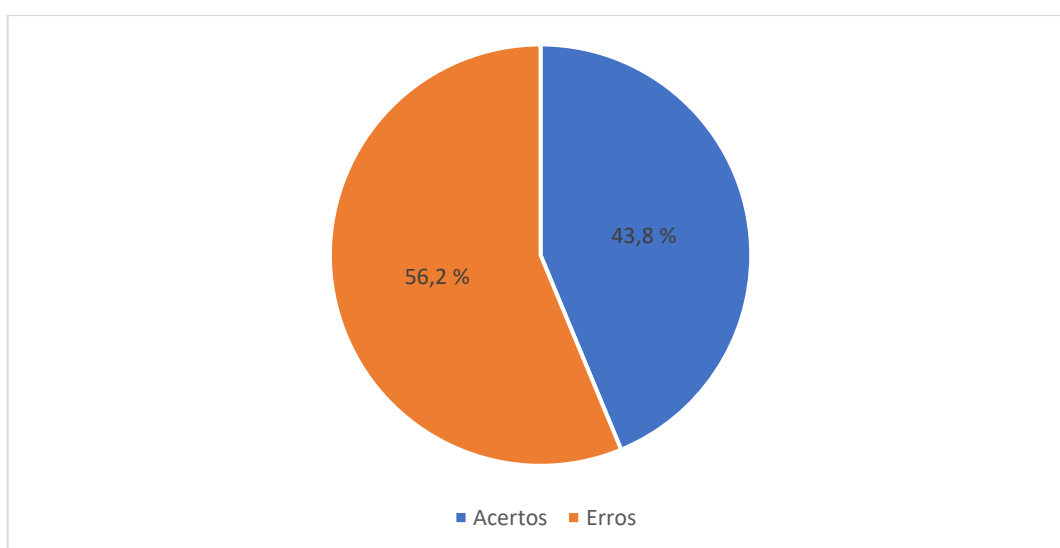
A16: “Através de vibrações”

### 5ª Questão:

Na quinta questão do pré-teste é apresentada uma lista de diversos instrumentos musicais existentes. O aluno deve identificar, através desta lista, os instrumentos musicais de sopro, de corda e de percussão.

De acordo com o gráfico 5, cerca de 43,8% (7 estudantes) associaram corretamente os instrumentos musicais de sopro, corda e percussão, enquanto 56,2% (9 estudantes) não associaram corretamente.

**Gráfico 5:** Instrumentos musicais (Pré-teste)



**Fonte:** próprio autor

### 6ª Questão

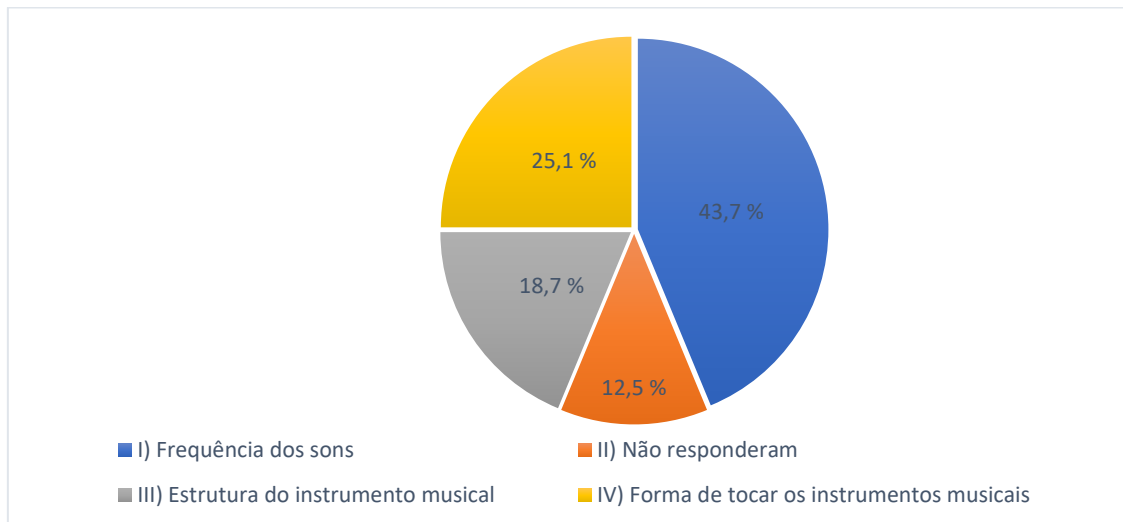
A sexta questão do pré-teste refere-se à diferença de som produzido em cada instrumento musical (sopro, corda e percussão).

A fim de facilitar a análise das respostas, esta questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Frequência dos sons;
- II) Não responderam;
- III) Estrutura do instrumento musical;
- IV) Forma de tocar o instrumento musical;

De acordo com o gráfico 6, entre os respondentes, 43,7% (7 estudantes) consideram que a diferença de som produzido por cada instrumento musical está relacionada à frequência dos sons produzidos, enquanto 18,7% (3 estudantes) consideram que se deve à estrutura do instrumento musical. Apenas 12,5% (2 estudantes) não responderam e 25,1% (4 estudantes) consideram que tem a ver com a forma de tocar os instrumentos musicais.

**Gráfico 6:** Sons dos instrumentos musicais (Pré-teste)



**Fonte:** próprio autor

Seguem abaixo as respostas dos alunos em relação aos sons dos instrumentos musicais:

A1: “A forma como eles se propagam no ambiente, como por exemplo, há instrumentos que produzem sons mais agudos e tem outros, que produzem sons mais graves”

A2: “A maneira como os sons produzidos”

A3: “As notas”

A4: “O timbre”

A5: “A forma como ele é afinado”

A6: “A forma em que ele é apresentado”

A7: *“A forma como é produzido o som, como no violão (corda) e na escaleta (sopro)”*

A8: *“São os comprimentos de onda e a frequência e o manejo das notas musicais”*

A9: *“A estrutura e o material de cada instrumento”*

A10: *“Diferentes formas de instrumentos”*

A11: *“As diferentes formas de instrumentos”*

A12: *Não respondeu*

A13: *Não respondeu*

A14: *“A maneira de tocar”*

A15: *“O som emitido por cada toque”*

A16: *“Produzir diferentes sons de diferentes maneiras, como sopro, pressão, cordas e também podem ser mais finos ou grossos”*

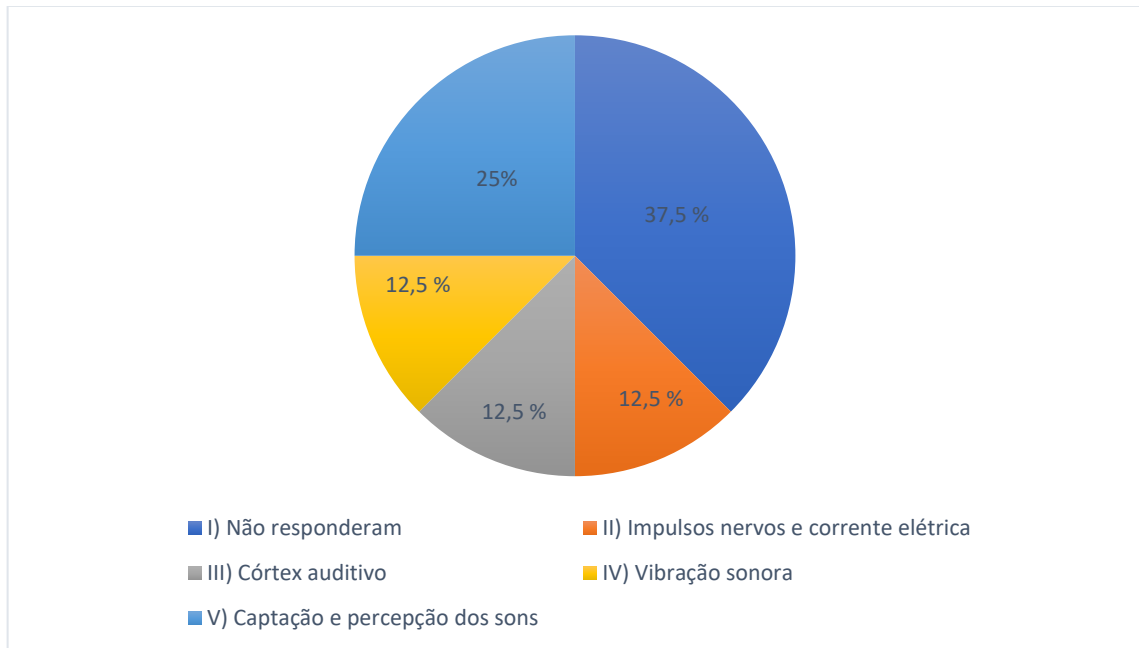
### **7ª Questão**

A sétima questão do pré-teste trata da forma como o cérebro consegue interpretar a sensação auditiva.

Essa questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Não responderam;
- II) Impulsos nervosos e corrente elétrica;
- III) Córtex auditivo;
- IV) Vibração sonora;
- V) Captação e percepção dos sons;

De acordo com o gráfico 7, entre os respondentes, cerca de 37,5% (6 estudantes) não souberam responder de que forma o cérebro consegue interpretar a sensação auditiva, enquanto 12,5% (2 estudantes) atribuíram a impulsos elétricos e corrente elétrica, 12,5% (2 estudantes) consideraram que é devido ao córtex auditivo, 12,5% (2 estudantes) informaram que é devido às vibrações sonoras e 25% (4 estudantes) responderam que é através da captação e percepção dos sons.

**Gráfico 7:** Aparelho auditivo humano (Pré-teste)

**Fonte:** próprio autor

Seguem abaixo as respostas dos alunos em relação ao aparelho auditivo:

A1: *“O cérebro interpreta como se realmente a pessoa estivesse escutando o som”*

A2: *Não respondeu*

A3: *Não respondeu*

A4: *Não respondeu*

A5: *“O córtex auditivo”*

A6: *“O córtex auditivo “*

A7: *“Pelo tímpano, órgão responsável pela captação dos sons”*

A8: *“Pela percepção quando é recebido os sons”*

A9: *“Com as ondas sonoras”*

A10: *“Impulsos nervosos”*

A11: *“Impulsos nervosos e corrente elétrica”*

A12: *Não respondeu*

A13: *Não respondeu*

A14: *Não respondeu*

A15: *“Por meio de vibração sonora”*

A16: “Permitir que ele ouça as vibrações que não consegue escutar diretamente no ouvido”

### 8ª Questão

A oitava questão do pré-teste relaciona as notas musicais de um piano às respectivas frequências dos sons produzidos por este instrumento. Ela está dividida em quatro itens.

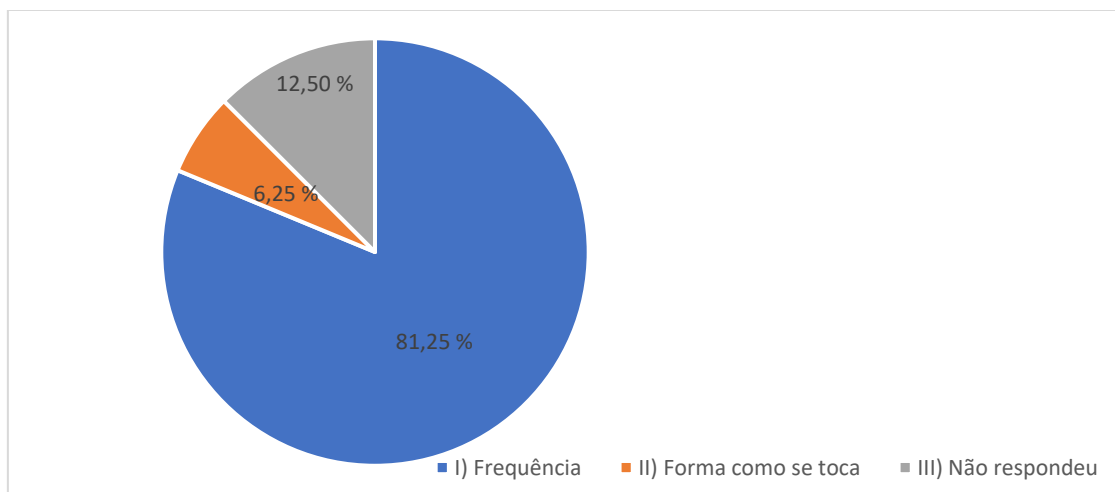
No **item a** é feito o questionamento aos estudantes acerca do que diferencia uma nota musical de outra, no piano.

A questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Não responderam;
- II) Frequência;
- III) A forma como se toca;

De acordo com o gráfico 8, entre os respondentes, 81,2% (13 estudantes) responderam que o que diferencia uma nota musical de outra, no piano, é a frequência; 12,50% (2 estudantes) não souberam responder, enquanto 6,25% (1 estudante) informou que é devido à forma como se toca o instrumento.

**Gráfico 8:** Diferença entre as notas musicais (Pré-teste)



**Fonte:** próprio autor

Seguem abaixo as respostas dos alunos em relação a diferença entre as notas musicais:



**Item a:**

A1: *“Os sons agudos e os sons grossos”*

A2: *“A frequência”*

A3: *“A sonoridade da nota”*

A4: *“A frequência”*

A5: *“A frequência em Hz”*

A6: *“A frequência”*

A7: *“Sua frequência”*

A8: *“A diferença são que cada nota possui um som diferente e um tipo de frequência”*

A9: *“Cada nota possui um timbre”*

A10: *“A frequência sonora”*

A11: *“Frequência”*

A12: *“Da forma como se toca”*

A13: *Não respondeu*

A14: *Não respondeu*

A15: *“A frequência sonora”*

A16: *“Timbre. As notas podem ser agudo ou tom mais grosso.”*

No **item a** da questão 8, os estudantes informaram o que diferencia as notas musicais uma da outra são as suas frequências. A maioria teve um bom desempenho na resposta.

No **item b**, é solicitado aos estudantes que indiquem a nota musical que apresenta menor frequência.

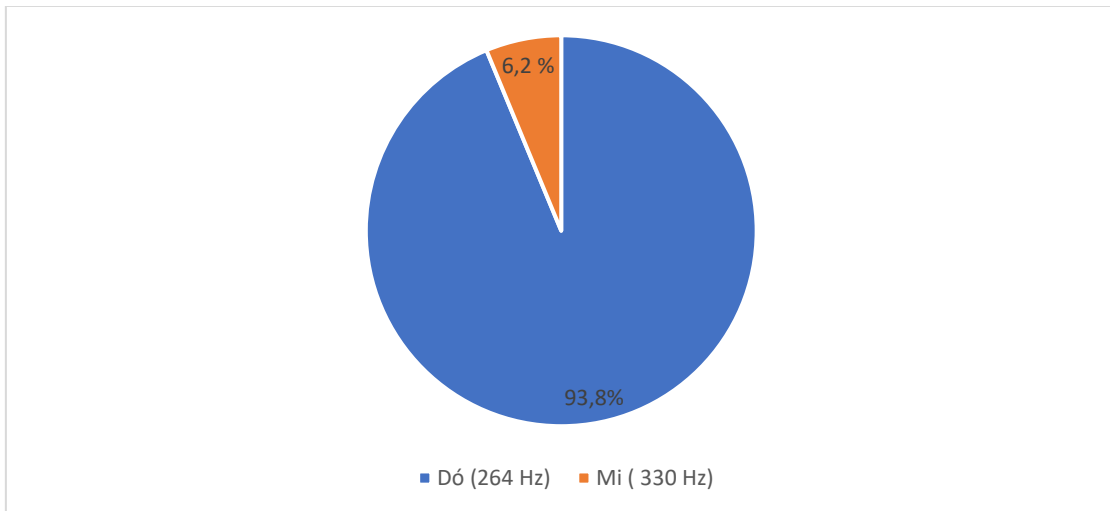
A questão foi dividida nas seguintes categorias:

I) Nota Dó (264 Hz): 15 alunos

II) Nota Mi (330 Hz): 1 aluno;

De acordo com gráfico 9, cerca de 93,8% (15 estudantes) dos respondentes informaram corretamente que a nota Dó (264 Hz) apresenta menor frequência e 6,2% (1 estudante), respondeu a nota Mi (330 Hz).

**Gráfico 9:** Nota de menor frequência (Pré-teste)



**Fonte:** próprio autor

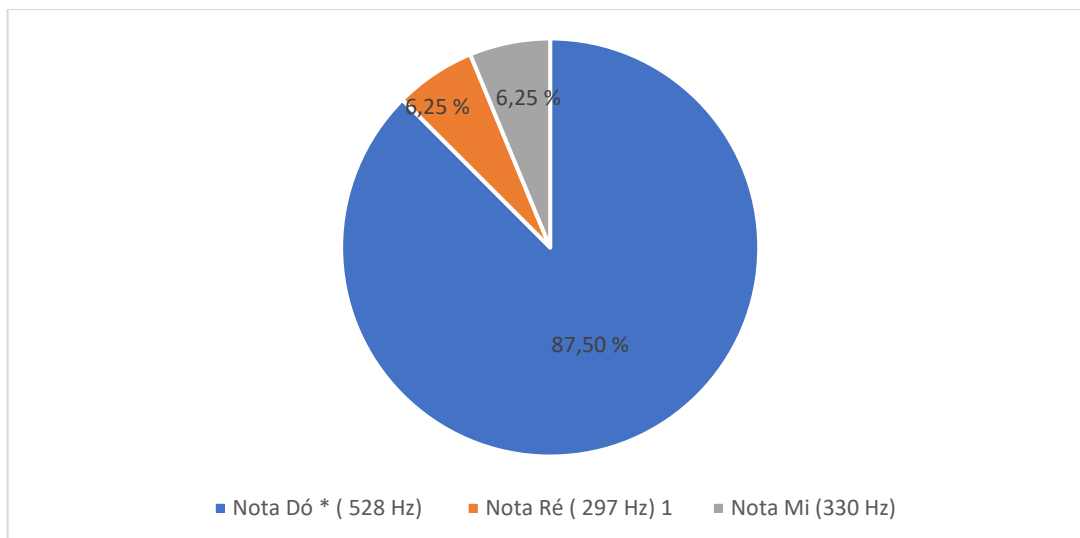
O número de acertos no item b da oitava questão foi muito alto.

**No item c**, é solicitado aos estudantes que indiquem a nota musical que apresenta maior frequência.

A questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Nota **Dó\*** (528 Hz);
- II) Nota Ré (297 Hz);
- III) Nota Mi (330 Hz);

De acordo com o gráfico 10, entre os respondentes, cerca de 87,50% (14 estudantes) responderam corretamente a questão, indicando a nota **Dó\*** (528 Hz) como maior frequência; 6,25% (1 estudante) respondeu que é a nota Ré (297 Hz) e 6,25% (1 estudante) respondeu que é a nota Mi (330 Hz).

**Gráfico 10:** Nota de maior frequência (Pré-teste)

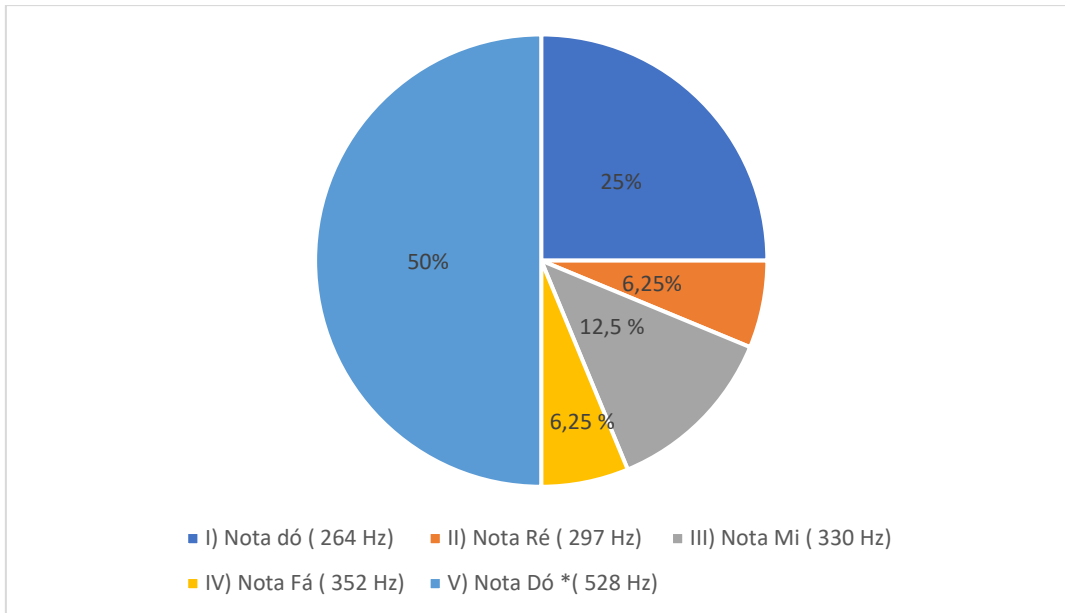
**Fonte:** próprio autor

No item **d** da mesma questão, é solicitado aos estudantes que indiquem a nota musical mais aguda.

A questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Nota Dó (264 Hz);
- II) Nota Ré (297 Hz);
- III) Nota Mi (330 Hz);
- IV) Nota Fá (352 Hz);
- V) Nota **Dó\* (528 Hz)**.

De acordo com o gráfico 11, entre os respondentes, cerca de 25% (4 estudantes) consideraram que a nota mais aguda é a Dó (264 Hz); 6,25% (1 estudantes) a nota Ré (297 Hz); 12,5% (2 estudantes) a nota Mi (330 Hz); 6,25% (1 estudantes) a nota Fá (352 Hz) e 50% (8 estudantes) a nota **Dó\* (528 Hz)**.

**Gráfico 11:** Nota mais aguda (Pré-teste)

**Fonte:** próprio autor

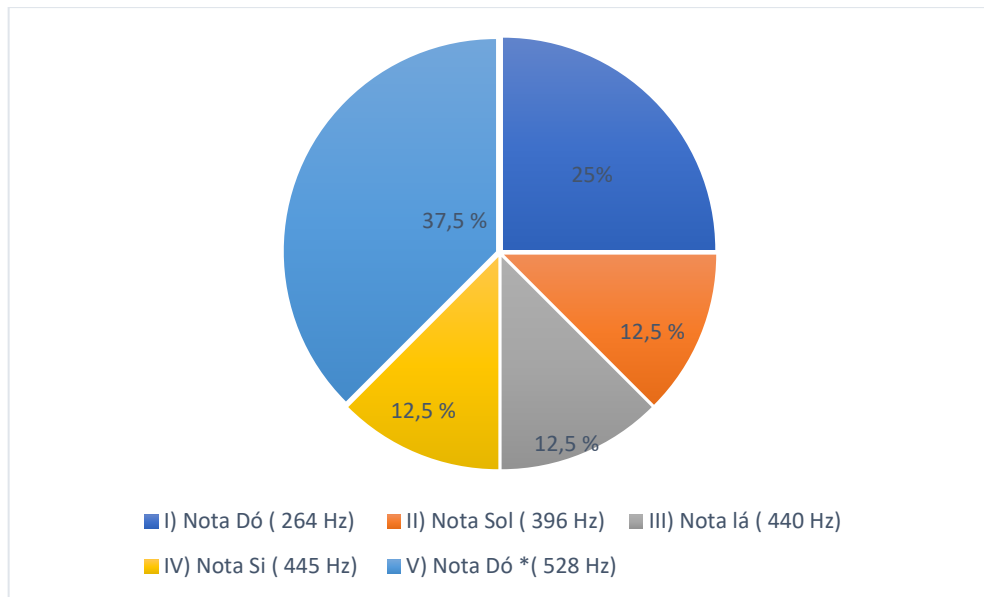
No **item d**, cerca de 50% dos estudantes conseguiram associar a nota mais aguda como sendo a nota de maior frequência.

No **item e**, é solicitado aos estudantes que indiquem a nota musical mais grave.

A questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Nota Dó (264 Hz);
- II) Nota Sol (396 Hz);
- III) Nota Lá (440 Hz);
- IV) Nota Si (445 Hz);
- V) Nota **Dó\*** (528 Hz)

De acordo com o gráfico 12, entre os respondentes, 37,5% (6 estudantes) indicaram que a nota **Dó\*** (528 Hz) é a nota mais grave, 25% (4 estudantes) responderam que é a nota Dó (264 Hz), 12,5% (2 estudantes) informaram a nota Lá (440 Hz), 12,5% (2 estudantes) a nota Si (445 Hz) e 12,5% (2 estudantes) a nota Sol (396 Hz).

**Gráfico 12 : Nota mais grave (Pré-teste)**

**Fonte:** próprio autor

No **item d** da oitava questão, cerca de 37,5% (6 estudantes) conseguiram a associar corretamente a nota mais grave como sendo a nota de menor frequência.

### 9ª Questão

A nona questão do pré-teste refere-se à produção dos sons nas cordas de um violão e a propagação dessas ondas sonoras no ar. Sendo que, essa relação entre a produção e a propagação dessas ondas, está relacionada à velocidade de propagação das ondas.

De acordo com o gráfico 13, entre os respondentes, 43,8% (7 estudantes) responderam corretamente à questão, ao informar que uma onda produzida em uma das cordas do violão está associada à mesma velocidade de propagação das ondas sonoras, enquanto 56,2% (9 estudantes) não responderam corretamente à questão.

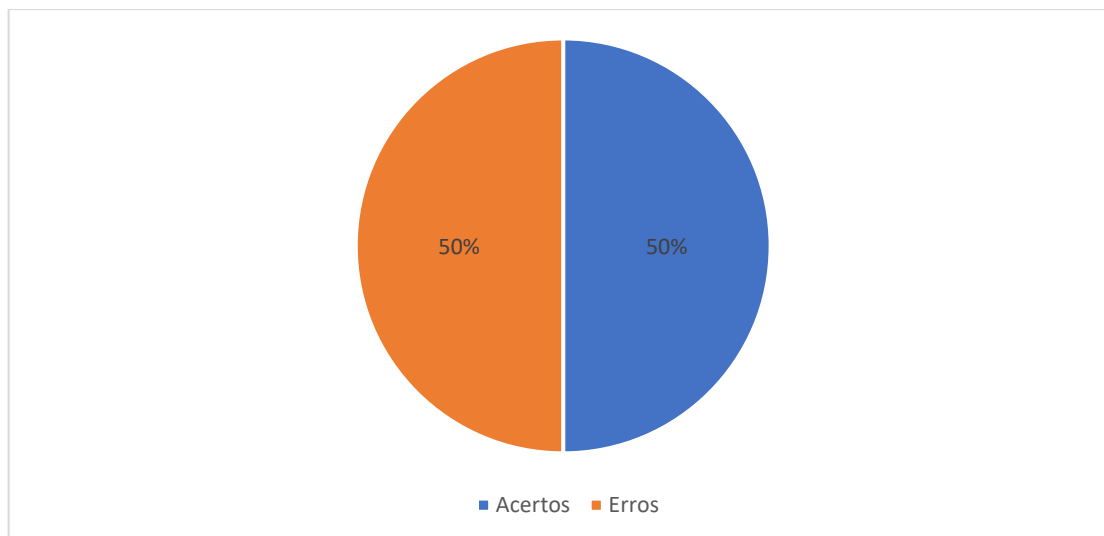
**Gráfico 13:** Produção e propagação das ondas sonoras

**Fonte:** próprio autor

### 10ª Questão

A décima questão do pré-teste procura relacionar as características físicas (timbre, amplitude e frequência) aos sons produzidos pelos instrumentos musicais.

Entre os respondentes, cerca de 50% (8 estudantes) associaram corretamente as características físicas (timbre, amplitude e frequência) ao som dos instrumentos musicais e 50% (8 estudantes) não associaram corretamente, conforme é mostrado no gráfico 14.

**Gráfico 14:** Timbre, amplitude e frequência (Pré-teste)

**Fonte:** próprio autor

## 6.2. Análise quali-quantitativa do Pré-teste

### **1ª Questão:**

A primeira questão do pré-teste apresentava os conceitos fundamentais, natureza das ondas, exemplos de ondas (mecânicas e eletromagnéticas) e características das ondas. Em termos quantitativos, verificou-se que 50% (8 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se dificuldades dos estudantes em compreender, classificar e exemplificar os conceitos fundamentais de ondas.

### **2ª Questão**

A segunda questão do pré-teste procurava relacionar as grandezas físicas associadas as ondas periódicas. Em termos quantitativos, verificou-se que 37,5% (estudantes) responderam corretamente a questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes tiveram dificuldades de associar as grandezas físicas e relacioná-las às ondas periódicas.

### **3ª Questão**

A terceira questão do pré-teste, refere-se aos fenômenos ondulatórios (reflexão, refração, difração, interferência, polarização e ressonância). Verificou-se que 50% (8 estudantes) responderam à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes tiveram dificuldades em compreender, diferenciar, comparar e relacionar os fenômenos ondulatórios.

#### **4ª Questão**

A quarta questão do pré-teste, refere-se à produção dos sons nos instrumentos musicais. Em termos quantitativos, apenas 18,75% (3 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes tiveram dificuldade em relacionar o conhecimento sobre ondas à produção de sons nos instrumentos musicais.

#### **5ª Questão**

A quinta questão do pré-teste, refere-se à classificação dos instrumentos musicais (sopro, percussão e cordas). Verificou-se que 43,8% (7 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes tiveram dificuldade em identificar, comparar, diferenciar os instrumentos musicais um do outro.

#### **6ª Questão**

A sexta questão do pré-teste, refere-se à produção de som em cada instrumento musical (violão, escaleta e xilofone). Em termos quantitativos, verificou-se que 43,8% (7 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificaram-se, por parte dos estudantes, dificuldades em perceber ou diferenciar o som produzido por cada nota de determinado instrumento musical.

#### **7ª Questão**

A sétima questão do pré-teste, que se refere a forma como o cérebro consegue captar e interpretar a sensação auditiva, verificou-se que 12,5% (2 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, dificuldades dos estudantes em compreender como o cérebro consegue captar e interpretar a sensação auditiva.

#### **8ª Questão**

A oitava questão do pré-teste relaciona as notas musicais com as suas respectivas frequências. Em termos quantitativos, verificou-se que 81,2% (13 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes não tiveram dificuldade de relacionar e diferenciar sons graves e agudos, de acordo com a frequência.

#### **9ª Questão**

A nona questão do pré-teste tratava da produção dos sons nas cordas de um violão e a propagação das ondas no ar. Em termos quantitativos, verificou-se 31,25%



(5 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se a dificuldade dos estudantes em relacionar a produção e a propagação das ondas sonoras com a velocidade das ondas sonoras.

### **10ª Questão**

A décima questão do pré-teste procurava relacionar as características físicas das ondas sonoras (amplitude, timbre e frequência) aos sons produzidos pelos instrumentos musicais. Em termos quantitativos, verificou-se que 50% (8 estudantes) responderam corretamente à questão. No aspecto qualitativo, verificou-se que os estudantes tiveram dificuldade em relacionar as características físicas (timbre, amplitude e frequência) aos sons produzidos pelos instrumentos musicais.

Resumidamente, através da análise quali-quantitativa do pré-teste, verificou-se um baixo índice de acertos nas questões e dificuldades dos estudantes em compreender, classificar, relacionar, associar, comparar, exemplificar e identificar os subsunçores presentes nos conteúdos que relacionam Física Acústica e instrumentos musicais.

Acredita-se que o baixo rendimento esteja relacionado ao fato de que a maioria dos estudantes não viram o conteúdo de Física acústica no 2º ano do Ensino Médio, por conta da reduzida carga horária da disciplina.

Acredita-se que as aulas sobre Física acústica e instrumentos musicais foram importantes, porque serviram de base para trabalhar vários subsunçores na estrutura mental dos alunos.

Após a análise quali-quantitativa do pré-teste, foi realizado um procedimento experimental envolvendo o produto educacional (aplicativo Android) em sala de aula. A finalidade do aplicativo, como organizador prévio ou recurso didático, foi potencializar a aprendizagem significativa, visando, dessa forma, aprofundar e integrar o conteúdo de Física acústica e relacioná-los ao mecanismo de produção e funcionamento dos instrumentos musicais.

### 6.3 Análise da atividade experimental – Produto Educacional

#### **Procedimento experimental nº 01:** violão, xilofone e escaleta

Neste procedimento experimental foi utilizado o osciloscópio para fazer a captação dos sons produzidos ao se tocar ou percutir determinada nota musical dos seguintes instrumentos musicais (violão, escaleta e xilofone). Em seguida, foi solicitado aos estudantes que observassem o comportamento físico da onda e que anotassem alguma alteração no comportamento gráfico do osciloscópio de cada nota tocada ou percutida nos instrumentos musicais, conforme é mostrado no apêndice.

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação aos instrumentos musicais: violão, xilofone e escaleta

A2: *“Sim, ouve mudanças na frequência”.*

A3: *“Sim, muda o comprimento de onda e a altura.”*

A4: *“Sim, em notas mais agudas a frequência é maior e em notas mais graves a frequência é menor”*

A5: *“Sim, à medida que tocamos uma determinada nota a sua frequência muda”.*

A6: *“O som fica mais agudo”*

A7: *“Quanto mais agudo o som produzido, o comprimento de onda diminui com o aumento da frequência”.*

A8: *“À medida do comprimento do instrumento musicais é diferente, a frequência do som é diferente em cada instrumento, dependendo do instrumento”*

A10: *“Alteração do comprimento de onda, a amplitude e a frequência”*

A13: *“Sim, ocorre a alteração nos comprimento de onda, na frequência e amplitude”.*

A14: *“Sim teve muita mudança nas ondas sonoras”*

A15: *“Sim. Dependendo da nota tocada, a frequência, comprimento de onda e amplitude mudavam”*

A16: *“Sim. Cada nota musical tocada apresentou comportamento gráfico diferente”.*

#### **Comentários do pesquisador**

Através das respostas dos estudantes, foi possível verificar e chegar a algumas considerações importantes.

- I) Todos os estudantes perceberam e/ou identificaram as alterações no comportamento gráfico da onda produzida por determinado instrumento musical, captada pelo osciloscópio.
- II) Os estudantes perceberam que ocorreram alterações na frequência, comprimento de onda e amplitude de cada som produzido, captado pelo osciloscópio.
- III) Os estudantes perceberam que sons agudos apresentam maior frequência, e os sons graves, menor frequência.
- IV) Identificaram que cada nota musical produzida por cada instrumento musical apresentam frequências e/ou timbres diferentes.

### **Procedimento experimental nº 02: violão**

Neste procedimento experimental foi utilizado o osciloscópio para fazer a captação dos sons produzidos ao se tocar ou percutir determinada nota musical do **violão**. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que observassem o comportamento físico da onda e que anotassem alguma alteração no comportamento gráfico do osciloscópio de cada nota tocada ou percutida.

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação à utilização do violão como instrumento musical para captação de som através do osciloscópio.

*A2: “Sim, cada nota tinha uma frequência, comprimento de onda e amplitude diferentes”*

*A3: “Mudou a frequência e o comprimento de onda”.*

*A4: “Sim. A amplitude e o comprimento de onda mudam conforme troca de nota”.*

*A5: “Sim, tem frequência mais aguda em relação a outras notas e tem amplitude, comprimento de ondas diferentes”.*

*A6: “Sim, em termos de comprimento de onda, amplitude e frequências”*

*A7: “Sim, o comprimento de onda ficou mais afastado e a amplitude diminuiu”.*

*A8: “As notas têm variações na sua amplitude, comprimento de onda e frequência “.*

*A10: “Sim. Só têm frequência mais agudas comparando sol, ré, lá e dó no violão”*

*A13: “Sim, tem notas com frequências mais agudas e notas com frequência mais graves, e elas tiveram mudanças na amplitude, comprimento de onda e frequências”.*

*A14: “O som agudo tem comprimento de onda menor e amplitude maior”*

*A15: “Sim. As notas tocadas apresentavam frequências, comprimentos de onda e timbres diferentes”*

A16: *“Sim, pois cada nota tinha um comportamento gráfico diferente quando mudava de nota”.*

### **Comentários do pesquisador**

Através das respostas dos estudantes, foi possível verificar que:

- I) Os estudantes identificaram alterações no comportamento gráfico da onda captado pelo osciloscópio, quando se tocava as notas musicais do violão.
- II) Os estudantes perceberam que ocorreram alterações na frequência, comprimento de onda e amplitude de cada som produzido, captado pelo osciloscópio.
- III) Os estudantes perceberam que sons agudos apresentam maior frequência e os sons graves, menor frequência.
- IV) Identificaram que cada nota musical produzida por cada instrumento musical apresenta frequência diferente.

### **Procedimento experimental nº 03: xilofone**

Neste procedimento experimental foi utilizado o osciloscópio para fazer a captação dos sons produzidos ao se tocar ou percutir determinada nota musical do **xilofone**. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que observassem o comportamento físico da onda e que anotassem alguma alteração no comportamento gráfico do osciloscópio de cada nota tocada ou percutida.

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação ao uso do xilofone como instrumento musical para captação de som, através do osciloscópio:

A2: *“Sim. Ouve mudança na frequência a cada nota tocada”*

A3: *“Ouve mudança no timbre e na frequência, assim como na amplitude e comprimento de onda”*

A4: *“Sim. Alterou a frequência e o comprimento de onda”.*

A5: *“Sim, ouve mudança no timbre e na frequência”.*

A6: *“Sim, teve mudança no comprimento de onda, amplitude e frequências”*

A7: *“Sim, mudança no timbre e na frequência, assim também ocorreu na amplitude e comprimento de onda”.*

A8: *“Dependendo da nota tocada, ocorriam variações de comprimento de onda e amplitude da nota tocada”.*

A10: *“Sim. As notas apresentavam diferenças na amplitude, frequência e comprimento de onda”.*

A13: *“Houve mudanças de timbre, frequências, comprimento de onda e amplitude”.*

A14: *“Sim, ocorreu breves alterações na amplitude e comprimento de onda no osciloscópio”*

A15: *“Sim. As notas tocadas apresentavam gráficos com frequências, comprimentos de onda diferentes”*

A16: *“Sim, tem notas graves e agudas e todas tem amplitude, comprimento de onda diferentes”.*

### **Comentários do pesquisador**

Através das respostas dos estudantes, foi possível verificar que:

- I) Os estudantes identificaram alterações no comportamento gráfico da onda captado pelo osciloscópio, quando se tocava as notas musicais do xilofone.
- II) Os estudantes perceberam que ocorreram alterações na frequência, comprimento de onda e amplitude de cada som produzido e captado pelo osciloscópio.
- III) Os estudantes perceberam que sons agudos apresentam maior frequência e os sons graves, menor frequência.
- IV) Identificaram que cada nota musical produzida pelo instrumento musical apresenta frequência diferente.

### **Procedimento experimental nº 04: escaleta**

Neste procedimento experimental foi utilizado o osciloscópio para fazer a captação dos sons produzidos ao se tocar ou percutir determinada nota musical da escaleta. Em seguida, foi solicitado aos estudantes que observassem o comportamento físico da onda e que anotassem alguma alteração no comportamento gráfico do osciloscópio de cada nota tocada ou percutida.

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação à utilização da escaleta para captação de som, através do osciloscópio.

A2: *“Sim. A frequência de cada nota tocada”*

A3: *“Todas as notas mudaram o comprimento de onda e a altura”*

A4: *“Sim. O comprimento de onda é diferente em cada nota e a frequência também”.*

A5: *“Sim, muda o comprimento de onda e amplitude”.*

A6: *“Sim, mudanças no de comprimento de onda, na amplitude e na frequência”.*

A7: *“Sim, mudou o comprimento de onda e a altura”.*

A8: *“Sim. Ocorreram variações de comprimento de onda e amplitude da nota tocada”.*

A10: *“Sim. Ocorreu mudança no volume”*

A13: *“Mudou o comprimento de onda e a altura”*

A14: *“Sim, as principais mudanças ocorreram na amplitude e no comprimento de onda”.*

A15: *“Sim. Cada nota tocada tinha comprimentos de onda mais curtos e outras mais extensas”.*

A16: *“Sim, ocorreram várias mudanças nas ondas sonoras, mudanças no comprimento de onda e amplitude”.*

### **Comentários do pesquisador**

Através das respostas dos estudantes foi possível resumir as observações feitas no procedimento experimental envolvendo a **Escaleta**.

I) Os estudantes identificaram alterações no comportamento gráfico da onda captado pelo osciloscópio, quando se tocava as notas musicais do violão.

II) As principais alterações detectadas pelos estudantes foram frequência, comprimento de onda e amplitude de cada som produzido e captado pelo osciloscópio.

III) Identificaram que cada nota musical produzida pela escaleta apresenta frequências diferentes.

**Procedimento nº 05:** identificação da frequência e amplitude das notas musicais.

Foi escolhida a atividade experimental do aluno A3 como referência de exemplo dos resultados obtidos.

### **Violão:**

Inicialmente, 2 cordas foram tocadas, de baixo para cima, no braço do violão, alternando a posição do dedo indicador esquerdo ao longo do braço do violão. As casas escolhidas foram as seguintes: 1ª casa - Dó, 3ª casa - Ré, 5ª casa – Mi, 6ª casa – Fá, 8ª casa – Sol e 10ª casa – Lá.

Foi solicitado, aos estudantes, que anotassem o valor da frequência e amplitude da onda captada pelo espectro sonoro do osciloscópio em cada casa escolhida no braço do violão.

Os valores da frequência e da amplitude captados pelo osciloscópio foram anotados na tabela abaixo.

**Tabela 1:** frequência e amplitude no violão

NOTA	FREQUÊNCIA ( Hz)	AMPLITUDE ( dB)
Dó	260,3	18,8
Ré	293,1	17,6
Mi	330	24,1
Fá	345	16,2
Sol	390	13,7
Lá	430	19,2

**Fonte:** próprio autor

### **Xilofone:**

Foi solicitado, aos estudantes, que anotassem o valor da frequência e amplitude da onda captada pelo espectro sonoro do osciloscópio, quando tocadas as seguintes notas musicais do xilofone: Dó, Ré, Mi, Fá, Sol e Lá no xilofone.

Os valores da frequência e da amplitude captados pelo osciloscópio foram anotados pelos alunos e representados na tabela abaixo.

**Tabela 2:** frequência e amplitude na escaleta

NOTA	FREQUÊNCIA (Hz)	AMPLITUDE (dB)
Dó	1049,1	20,3
Ré	1179,6	25,3
Mi	1319,5	20,7
Fá	1422,4	22,3
Sol	1568,9	31,3
Lá	1765,4	30,3

**Fonte:** próprio autor

### **Escaleta:**

Foi solicitado, aos estudantes, que anotassem o valor da frequência e amplitude da onda captada pelo espectro sonoro do osciloscópio, quando foram tocadas as notas Dó, Ré, Mi, Fá, Sol e Lá na escaleta.

Os valores da frequência e da amplitude captados pelo osciloscópio foram anotados na tabela abaixo.

Tabela 3: frequência e amplitude na escaleta

NOTA	FREQUÊNCIA (Hz)	AMPLITUDE (dB)
Dó	263,2	21,4
Ré	297,3	20,3
Mi	330,1	18,2
Fá	352,3	24,7
Sol	394,5	18,2
Lá	444,6	20,3

**Fonte:** Próprio autor

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação ao violão, escaleta e xilofone.

#### **Item a**

A2: *“As frequências das notas de cada instrumento é diferente e amplitude também”*

A3: *“De dó até lá a frequência aumenta e amplitude varia”.*

A4: *“Que a frequência e amplitude mudam com cada instrumento”.*

A5: *“De cima para baixo (dó até lá) a frequência vai aumentando e a amplitude variando”.*

A6: *“O som fica mais agudo ao passar as notas”.*

A7: *“De dó até a nota lá, a frequência aumenta e a amplitude aumenta ou diminui de acordo com a nota tocada”.*

A8: *“Que cada som das notas dos instrumentos são ampliados”.*

A10: *“A frequência aumenta e amplitude varia de acordo com a nota tocada”.*

A13: *“A amplitude variou e a frequência aumentou”.*

A14: *“A frequência aumentava e amplitude variava”*

A15: *“A frequência cresce quando tocava cada uma das notas de dó até lá, e a amplitude variava”*

A16: *“O som emitido dos três instrumentos variou nas frequências e na amplitude”*

#### **Item b**

A2: *“Sim, pois as notas poderiam ser aguda ou graves”*

A3: *“Sim. A frequência mudava”.*

A4: *“O timbre muda”.*

A5: *“No osciloscópio as frequências variam de acordo com a nota”.*

A6: *“O timbre muda, aumenta ou diminui de acordo com a nota”.*

A7: *“Sim. Fica mais grave ou fica mais agudo de acordo com a nota tocada de cada instrumento”.*



A8: *“O timbre de cada instrumento é diferenciado”.*

A10: *“Sim. De acordo com o instrumento com o instrumento tocado”.*

A13: *“Sim. O som fica mais grave ou mais agudo”.*

A14: *“O timbre do violão é diferente do xilofone e da escaleta”.*

A15: *“Sim, com certeza, o timbre muda de acordo com o instrumento”*

A16: *“Os três mudaram o timbre e a frequência”.*

### **Item c**

A2: *“O timbre”*

A3: *“O timbre é diferente”.*

A4: *“O timbre muda de acordo com o instrumento”.*

A5: *“A frequência, o timbre e o comprimento de onda”.*

A6: *“seu formato”.*

A7: *“A frequência e o timbre”.*

A8: *“O timbre é o que diferencia”.*

A10: *“A amplitude e o timbre diferencia um do outro”.*

A13: *“A frequência”.*

A14: *“O timbre”.*

A15: *“O timbre muda de acordo com o instrumento”*

A16: *“A frequência de cada som emitido pelo instrumentos”.*

### **Comentários do pesquisador**

As conclusões as quais os alunos chegaram ao comparar cada nota musical no **item a** do procedimento experimental, envolvendo o violão, xilofone e escaleta foram as seguintes: mudanças nas frequências e amplitudes das ondas. Observaram que as frequências das notas musicais aumentavam, quando eram tocadas as sequências das notas Dó, Ré, Mi, Fá, Sol, Lá, e que as amplitudes variavam de nota para nota.

No **item b** do procedimento experimental, os estudantes perceberam, através dos resultados obtidos, que o timbre de cada um dos instrumentos musicais (violão,

xilofone e escaleta) são diferentes. Perceberam que cada nota musical apresenta seu timbre.

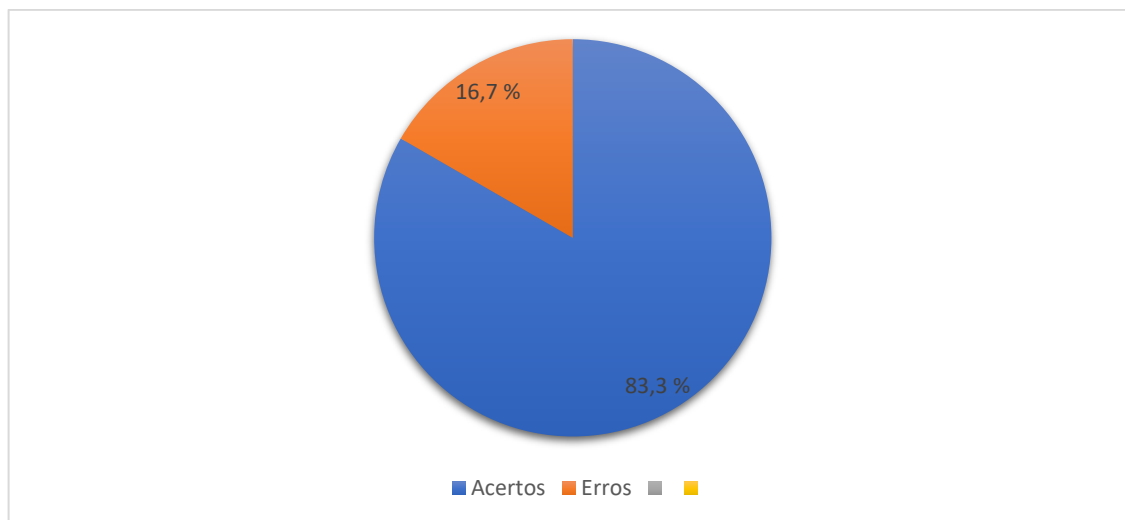
No item c do procedimento experimental, os estudantes responderam que o que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente são as frequências das notas musicais ou timbre desses instrumentos.

#### 6.4 Análise quantitativa do Pós-teste

##### 1ª Questão:

A primeira questão do pós-teste apresenta conceitos fundamentais e características das ondas. De acordo com o gráfico, entre os respondentes, 83,3% (10 estudantes) acertaram a questão, enquanto 16,7% (2 estudantes) erraram a questão.

**Gráfico 15:** Conceitos fundamentais (Pós-teste)

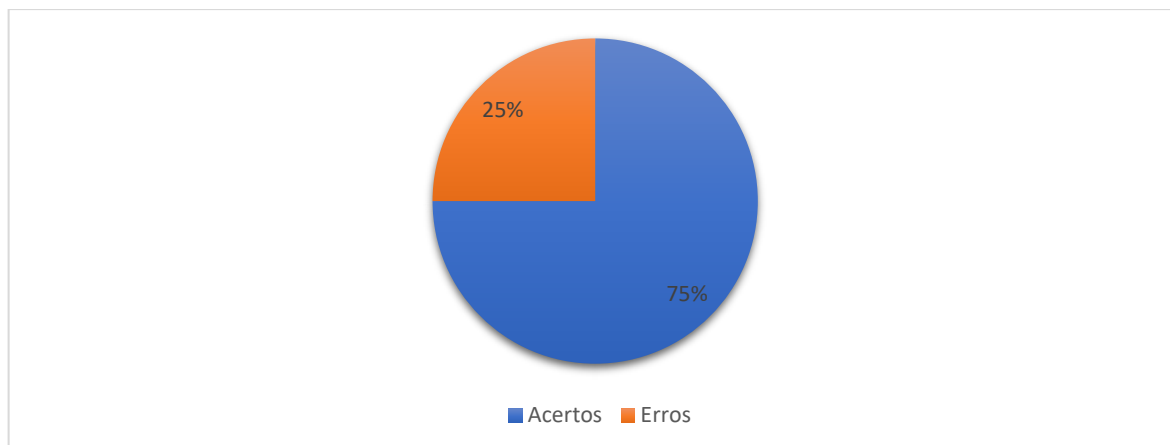


**Fonte:** próprio autor

##### 2ª Questão

A segunda questão do pós-teste refere-se aos fenômenos ondulatórios que ocorrem com as ondas mecânicas e eletromagnéticas.

De acordo com o gráfico 16, entre os 12 respondentes, cerca de 75% (09 estudantes) relacionaram corretamente os fenômenos ondulatórios que ocorrem com as ondas mecânicas e eletromagnéticas, enquanto 25% (3 estudantes) erraram a questão.

**Gráfico 16:** Grandezas físicas (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

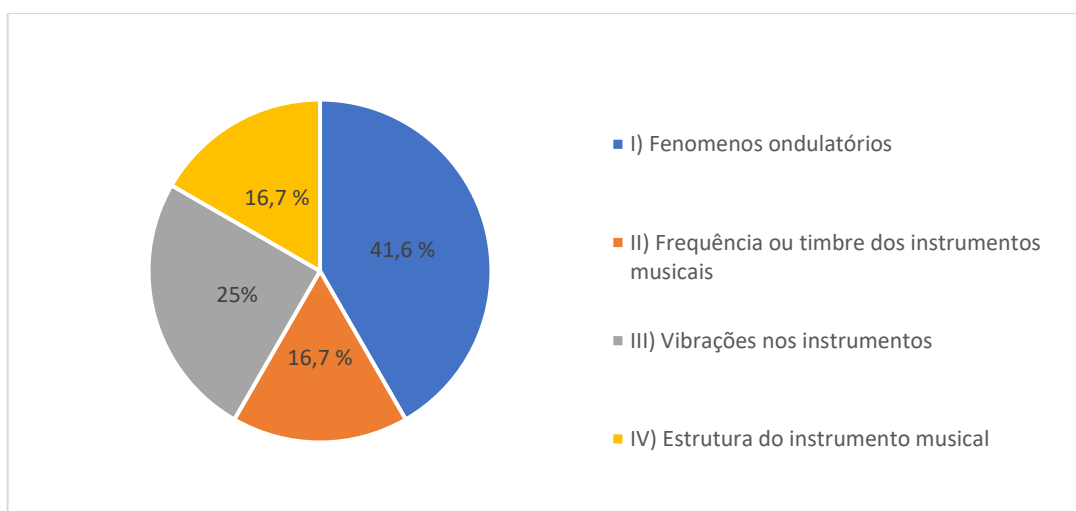
### 3ª Questão

A terceira questão do Pós-teste refere-se à maneira como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Esta questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Fenômenos ondulatórios;
- II) Frequência ou timbre dos instrumentos musicais;
- III) Vibrações dos instrumentos;
- IV) Estrutura do instrumento musical.

No gráfico 17 são representadas as categorias de como são produzidos os sons dos instrumentos musicais.

**Gráfico 17:** Produção dos sons nos instrumentos musicais (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

Entre os respondentes, cerca de 41,6% (5 estudantes) consideram que a produção dos sons nos instrumentos musicais esteja relacionada aos fenômenos ondulatórios, 16,7% (2 estudantes) acreditam que esteja relacionada à frequência ou timbre dos instrumentos musicais, 16,7% (2 estudantes) atribuíram à estrutura dos instrumentos musicais, 25% (3 estudantes) associaram à vibração dos instrumentos musicais.

Seguem, abaixo, as respostas dos estudantes em relação à produção dos sons nos instrumentos musicais:

A2: *“Através do timbre de cada nota”*

A3: *“Cada instrumento possui timbre diferente”*

A4: *“Através da vibração produzida por cada instrumento”*

A5: *“A sua estrutura e amplitude”*

A6: *“A partir do dedilhado nas cordas e sua reflexão”.*

A7: *“Depende da reflexão, da refração e da ressonância”*

A8: *“Vibrando as cordas, ou com sopros”*

A10: *“Depende da sua estrutura”*

A13: *“os sons são produzidos pelos harmônicos e ressonância”.*

A14: *“Pela sua ressonância”*

A15: *“Através de vibrações nos instrumentos e por determinados fenômenos sonoros”*

A16: *“É resultante de fenômenos acústicos como reflexão, refração, interferência e ressonância”.*

#### **4ª Questão**

A quarta questão do pós-teste solicita aos estudantes que reconheçam, através de uma lista de instrumentos musicais, aqueles que são de sopro, corda e percussão.

De acordo com o gráfico 18, cerca de 91,6% (11 estudantes) associaram corretamente os instrumentos musicais de sopro, corda e percussão, enquanto 8,4% (1 estudante) não associaram corretamente os tipos instrumentos musicais.

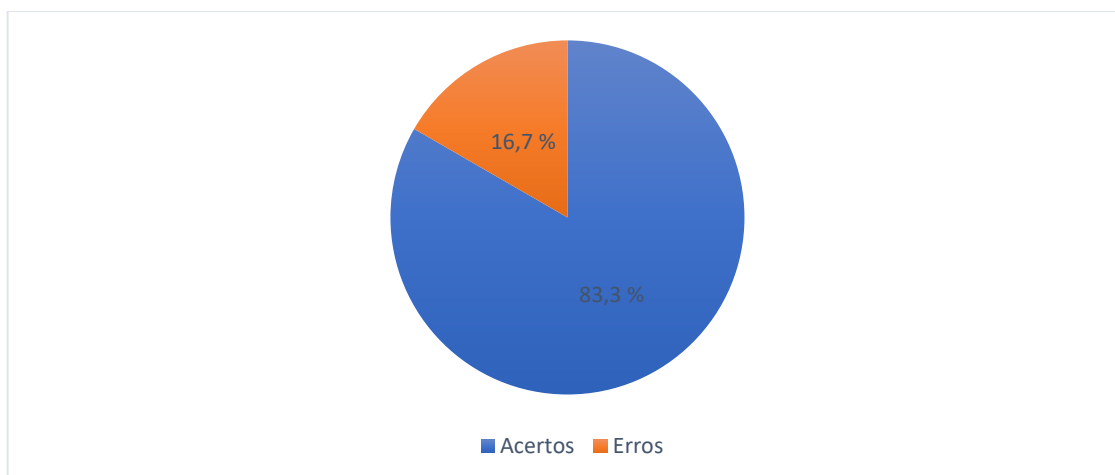
**Gráfico 18:** Tipos de instrumentos musicais (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

### 5ª Questão

A quinta questão do pós-teste procura relacionar as características físicas (timbre, amplitude e frequência) aos sons produzidos pelos instrumentos musicais.

De acordo com o gráfico 19, os resultados apontam que, 83,3% (10 estudantes) relacionaram corretamente as características físicas como timbre, amplitude e frequência aos sons produzidos pelos instrumentos musicais, 16,7% (2 estudantes) erraram.

**Gráfico 19:** Timbre, amplitude e frequência (Pós-teste)

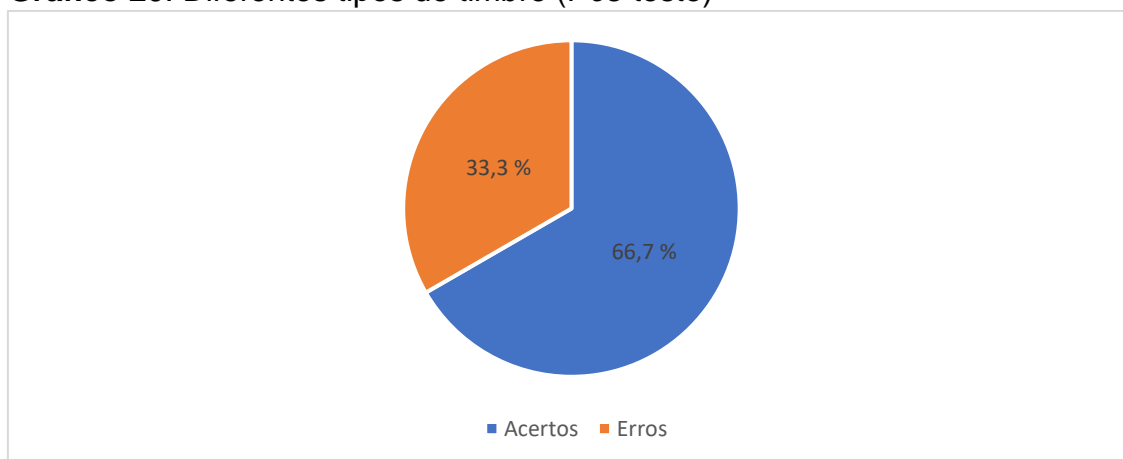
**Fonte:** próprio autor

### 6ª Questão

A sexta questão do pós-teste trata dos diferentes tipos de timbre de instrumentos musicais (flauta, saxofone, piano) ao ser tocada a mesma nota musical.

Segundo o gráfico abaixo, entre os respondentes, 66,7% (8 estudantes), associaram corretamente que os diferentes tipos de timbres produzidos pelos instrumentos musicais, ao se tocar a mesma nota musical, está relacionado às diferentes frequências sonoras produzidas, enquanto 32,3% (4 estudantes) não acertaram a questão.

**Gráfico 20:** Diferentes tipos de timbre (Pós-teste)

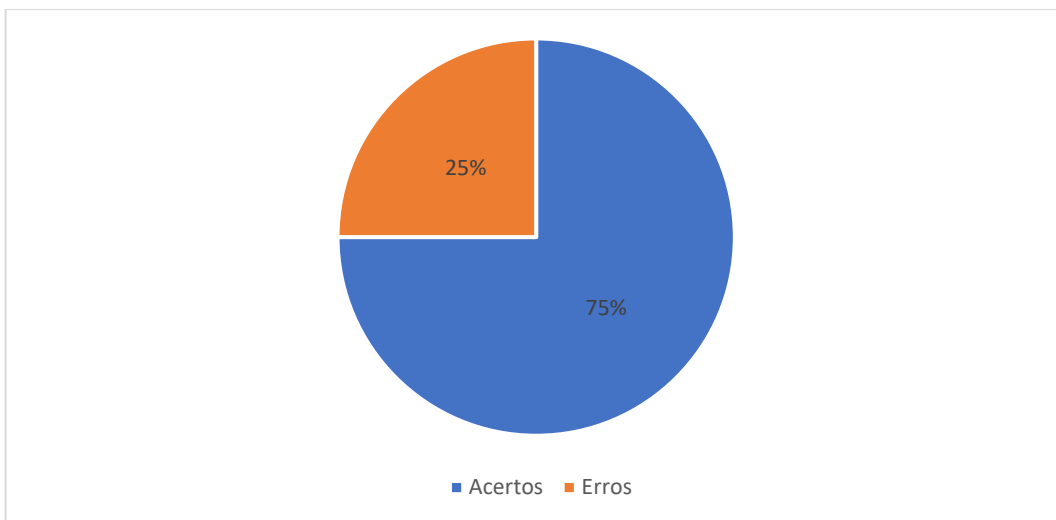


**Fonte:** próprio autor

### 7ª Questão

A questão trata das principais características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som.

Entre os respondentes, 75% (9 estudantes) apontaram corretamente que as características físicas das ondas sonoras estão relacionados à altura e ao timbre dos instrumentos musicais, enquanto 25% (3 estudantes) não acertaram a questão, conforme é mostrado na figura 21.

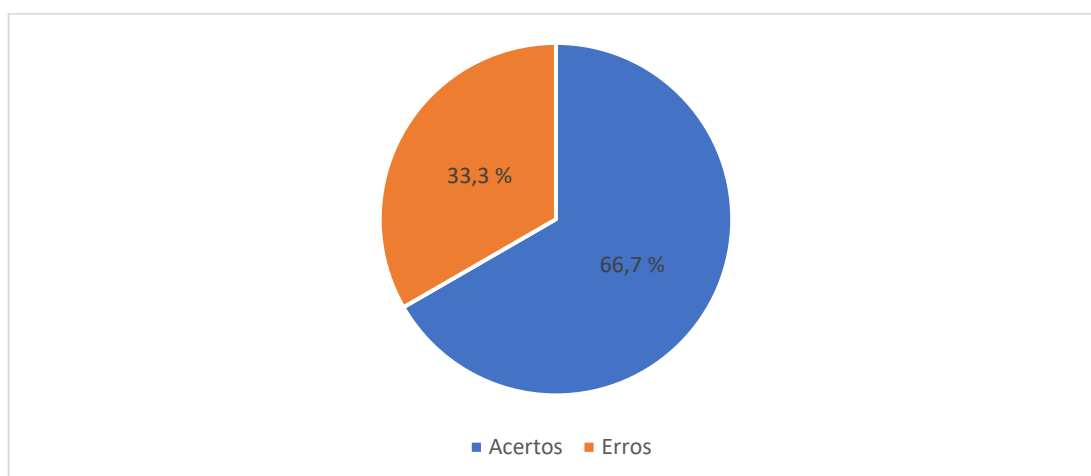
**Gráfico 21:** Características das ondas sonoras (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

### 8ª Questão

A questão trata sobre o espectro sonoro de diferentes tipos de instrumentos musicais (flauta, piano, trompete e violino) ao tocar a nota Dó desses instrumentos.

De acordo com o gráfico 22, 66,7% (8 estudantes) responderam, corretamente, que o espectro sonoro de cada um dos instrumentos musicais apresentam timbres diferentes, e 33,3% (4 estudantes) não acertaram a questão.

**Gráfico 22:** Espectro sonoro (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

### 9ª Questão

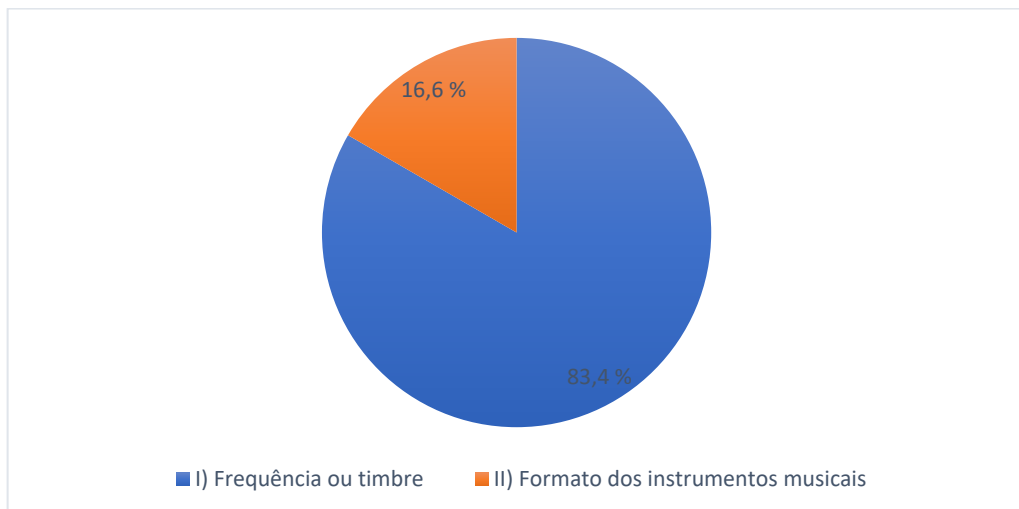
A nona questão do pós-teste, refere-se à diferença de som produzido por cada instrumento musical existente.

A questão está dividida nas seguintes categorias:

- I) Frequência ou timbre dos instrumentos musicais;
- II) Formato dos instrumentos musicais.

As categorias podem ser visualizadas, em termos numéricos, no gráfico 23, onde 83,4% (10 estudantes) responderam que a diferença de som produzida por cada instrumento musical está relacionado à frequência ou timbre dos instrumentos musicais, enquanto, 16,6% dos respondentes (2 estudantes ) consideram que esteja relacionado ao formato do instrumento musical.

**Gráfico 23:** Diferença de som nos instrumentos musicais (Pós-teste).



Fonte: próprio autor

### 10ª Questão

A décima questão do pós-teste relaciona as notas musicais de um piano às respectivas frequências dos sons produzidos por este instrumento. Ela está dividida em quatro itens.

No **item a**, é feito o questionamento aos estudantes acerca do que diferencia uma nota musical de outra, no piano.

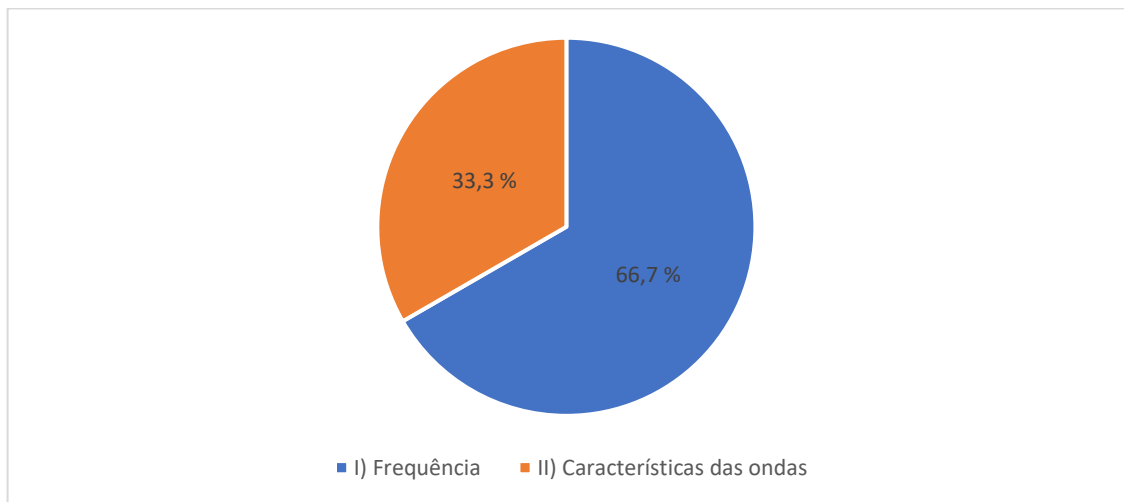
A questão foi dividida nas seguintes categorias:

- I) Frequência;
- II) Características de uma onda periódica.



No gráfico 24 estão representados os valores numéricos das categorias de análise de dados, onde, cerca de 66,7% dos respondentes (08 estudantes) informaram que o que diferencia as notas musicais no piano é a frequência das notas produzidas pelas teclas, ao se tocar uma nota musical. Entretanto, 33,3% dos respondentes (04 estudantes) relacionaram às características de uma onda periódica.

**Gráfico 24:** Diferença nas notas musicais no piano (Pós-teste)



**Fonte:** próprio autor

Seguem, abaixo, as respostas dos alunos em relação ao sons nos instrumentos musicais (Piano):

A2: *"Frequência"*

A3: *"O seu timbre"*

A4: *"Sua frequência".*

A5: *"Sua frequência".*

A6: *"Amplitude"*

A7: *"Frequência"*

A8: *"Timbre e comprimento de onda"*

A10: *"Comprimento de onda e amplitude"*

A13: *"Frequência".*

A14: *"A sua frequência"*

A15: *"A frequência".*

A16: “A sua frequência”.

No item b, da oitava questão do pós-teste, foi solicitado aos estudantes que indicassem a nota musical que apresenta menor frequência.

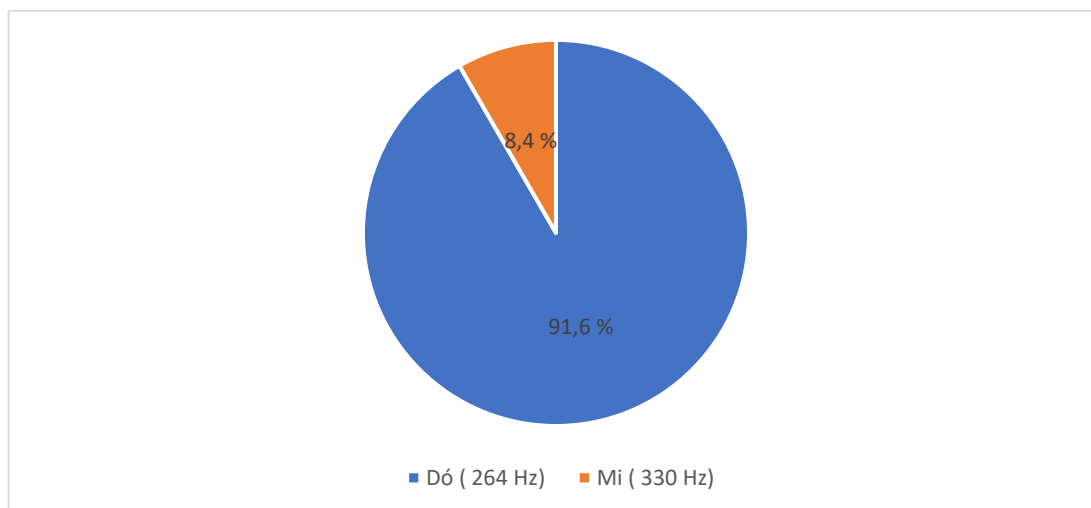
A questão foi dividida nas seguintes categorias:

I) Nota Dó (264 Hz)

II) Nota Mi (330 Hz)

De acordo com o Gráfico 25, 91,6% dos respondentes (11 estudantes) informaram, corretamente, que a nota Dó (264 Hz) apresenta a menor frequência. 8,4% da turma (1 estudante) errou ao informar a nota Mi (330 Hz).

**Gráfico 25:** Menor frequência (Pós-teste)



**Fonte:** próprio autor

No item c, da décima questão do pós-teste, foi solicitado aos estudantes que indicassem a nota que apresenta maior frequência.

O item c foi dividido nas seguintes categorias:

I) Dó \* (528 Hz);

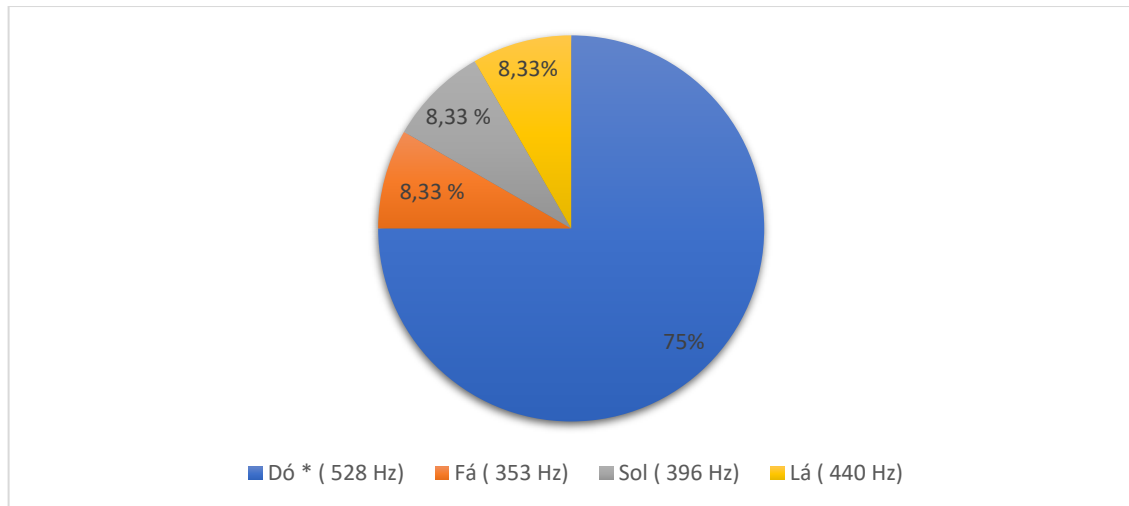
II) Fá (352 Hz);

III) Sol (396 Hz);

IV) Lá (440 Hz).

De acordo com gráfico abaixo, cerca de 75% dos respondentes (9 estudantes) informaram, corretamente, a nota Dó\* (528 Hz) como sendo a nota de maior frequência; 8,33% (1 estudante) informou a nota Fá (352 Hz); 8,33% (1 estudante) a nota Sol (396 Hz) e 8,33% (1 estudante ) a nota Lá (440 Hz).

**Gráfico 26:** Nota de maior frequência (Pós-teste)



**Fonte:** próprio autor

No item **d**, da décima questão do pós-teste, foi solicitado aos estudantes que informassem a nota musical mais aguda.

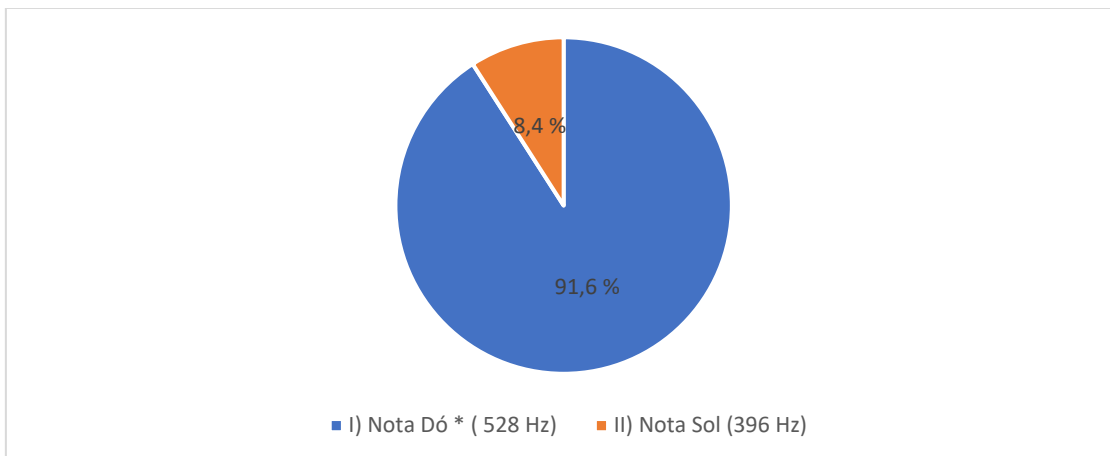
A questão foi dividida nas seguintes categorias:

Item d:

I) Nota Dó\* (528 Hz)

II) Nota Sol (396 Hz)

De acordo com gráfico 27, cerca de 91,6 % dos respondentes (11 estudantes) informaram, corretamente, a nota Dó\* (528 Hz) como sendo a nota mais aguda, enquanto 8,4% (1 estudante) a nota Sol (396 Hz).

**Gráfico 27:** Nota mais aguda (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

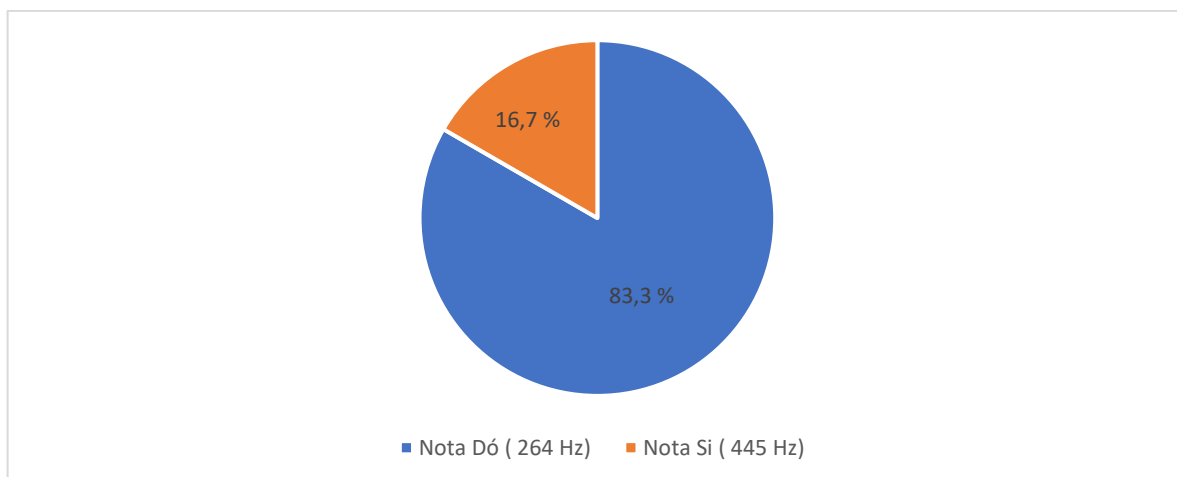
No item **e**, da décima questão, foi solicitado aos estudantes que indicassem a nota musical mais grave.

A questão foi dividida nas seguintes categorias:

I) Nota Dó (264 Hz);

II) Nota Si (445Hz).

De acordo com gráfico 28, cerca de 83,3% dos respondentes (10 estudantes) informaram, corretamente, a nota Dó (264 Hz) como sendo a nota mais grave, enquanto 16,7% dos respondentes (02 estudantes) informaram a nota Si (445 Hz).

**Gráfico 28:** Nota mais grave (Pós-teste)

**Fonte:** próprio autor

### 6.5 Análise qualitativa do Pós-teste

Após a aplicação do produto educacional junto aos estudantes, foi aplicado um novo questionário (pós-teste) para verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica no Ensino Médio, na perspectiva de Ausubel.

Através do pós-teste, após a utilização do produto educacional (aplicativo Android) como organizador prévio para potencialização da aprendizagem significativa, verificou-se nas respostas dos alunos às questões que:

- 1) O aplicativo como recurso didático permitiu aos alunos uma melhor compreensão dos conceitos fundamentais relacionados às ondas. Os estudantes foram capazes de caracterizar, classificar, relacionar, distinguir, comparar, associar, identificar, diferenciar e integrar os conceitos envolvidos no conteúdo envolvendo Física acústica e instrumentos musicais.
- 2) No pré-teste, os alunos tiveram muita dificuldade de compreender, diferenciar, comparar e relacionar os fenômenos ondulatórios. No pós-teste, ocorreram mudanças bastante significativas, através do uso do aplicativo, o conhecimento prévio sofreu um aumento potencializador na aprendizagem significativa.
- 3) Além do subsunçor onda ser o ponto de partida para a compreensão da Física acústica e instrumentos musicais, outros subsunçores foram bastante utilizados pelos alunos, no pós-teste.

### 6.6 Análise comparativa entre o pré-teste e o pós-teste

Nesta seção é feita uma comparação envolvendo os resultados qualitativos do pré e pós-teste.

No pré-teste, 16 alunos participaram da pesquisa, mas, na aplicação do pós-teste, apenas 12 alunos participaram, e 4 alunos faltaram no dia da sua aplicação.

As questões aplicadas, tanto no pré-teste quanto no pós-teste, são bastante semelhantes, e houve mudanças na sequência das ordens, para tornar a pesquisa mais dinâmica, evitando, dessa forma, a coincidência na disposição delas.

A primeira (1ª) questão do pré-teste e pós-teste tratam dos respectivos conceitos fundamentais de ondas, natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas) e características das ondas. Dos 16 alunos que responderam a esta

questão do pré-teste, o número de acertos foi 50% (8 estudantes). No pós-teste, o número de acertos alcançou a marca de 83,3% (10 estudantes).

A segunda (2ª) questão do pré-teste e a sétima (7ª) do pós-teste tratam sobre as grandezas físicas associadas às ondas periódicas. No pré-teste, o percentual de acertos foi 37,5% (6 alunos), enquanto, no pós-teste, 75% (9 estudantes).

A terceira (3ª) questão do pré-teste e a segunda (2ª) questão do pós-teste tratam dos principais fenômenos ondulatórios (reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância) que ocorrem com as ondas mecânicas e eletromagnéticas. No pré-teste, o percentual de acertos ficou em torno de 50% (8 alunos), e no pós-teste 75% (9 estudantes).

A quarta (4ª) questão do pré-teste e a terceira (3ª) questão do pós-teste referem-se à maneira como são produzidos os sons nos instrumentos musicais. No pré-teste, cerca de 50 % (8 estudantes) dos respondentes relacionaram a produção dos sons aos fenômenos ondulatórios e as vibrações produzidas pelos instrumentos musicais. No pós-teste, as respostas dos estudantes foram mais completas, cerca de 75 % (9 alunos) consideram que a produção dos sons nos instrumentos musicais está relacionado aos fenômenos ondulatórios, à frequência ou timbre dos instrumentos musicais e à estrutura dos instrumentos musicais.

A quinta (5ª) questão do pré-teste e a quarta (4ª) questão do pós-teste apresentam uma lista de diversos instrumentos musicais existentes. Através dessa lista, os estudantes tiveram que reconhecer quais destes instrumentos musicais são de sopro, corda e percussão. No pré-teste, 43,8% (7 estudantes) associaram, corretamente, os instrumentos musicais de sopro, corda e percussão, enquanto no pós-teste, 91,6% (11 estudantes) associaram corretamente os instrumentos musicais de sopro, corda e percussão.

A sexta (6ª) questão do pré-teste e a nona (9ª) questão do pós-teste, referem-se à diferença de som produzido em cada instrumento musical (sopro, corda e percussão). No pré-teste, 43,7% (7 estudantes) consideram que a diferença de som produzido por cada instrumento musical está relacionado à frequência dos sons produzidos. No pós-teste, 83,4% (10 estudantes) responderam que a diferença de som produzida por cada instrumento musical está relacionado à frequência ou timbre dos instrumentos musicais.

A sétima (7ª) questão do pré-teste e a oitava (8ª) do pós-teste estão relacionadas com as qualidades fisiológicas do ouvido humano e os tipos de sons

produzidos por determinados instrumentos musicais. O ouvido humano tem a função de converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. Essa energia é enviada ao cérebro, através de impulsos elétricos, que se propagam pelas terminações nervosas. A sensação de ouvir um som é estabelecida quando impulsos elétricos atingem o cérebro. Entretanto, existem três qualidades fisiológicas relacionadas ao som (altura, intensidade e timbre). A altura é qualidade que está relacionada à frequência. A intensidade é a qualidade relacionada à amplitude da onda e o timbre, que é a qualidade que permite ao nosso ouvido diferenciar dois sons de mesma altura e de mesma intensidade, produzidos por fontes distintas. Sabe-se que cada instrumento musical apresenta seu próprio timbre. O músico reconhece o som de uma determinada nota musical de um determinado instrumento através do seu timbre.

Na sétima (7ª) questão do pré-teste, cerca de 12,5% (2 estudantes) responderam, corretamente à questão, enquanto na oitava questão do pós-teste, 66,7% (8 estudantes).

A oitava (8ª) questão do pré-teste e a décima (10ª) do pós-teste relacionam as notas musicais de um piano às respectivas frequências dos sons produzidos por este instrumento. No pré-teste, 81,2% (13 estudantes) responderam, corretamente, que o que diferencia uma nota musical de outra, no piano, é a frequência. No pós-teste, 100% (12 estudantes) acertaram a questão.

A nona (9ª) questão do pré-teste, refere-se à produção dos sons nas cordas de um violão e a propagação dessas ondas sonoras no ar, enquanto a sexta (6ª) questão do pós-teste trata da diferença de sons emitidos, quando se produzem a mesma nota musical em instrumentos musicais diferentes. Inicialmente, pode se considerar que a produção e a propagação dessas ondas estejam relacionadas à velocidade de propagação das ondas. Entretanto, quando um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes, a diferença entre essas notas está na frequência que cada nota emitida.

Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como, por exemplo, flauta, saxofone e piano produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido às diferentes frequências sonoras produzidas. As notas musicais produzidas pelos instrumentos podem ter a mesma velocidade de propagação, mas o que diferencia uma nota da outra é sua frequência.

Na nona (9ª) questão do pré-teste, entre os respondentes, 31,25% (7 estudantes) consideram que a onda sonora produzida e a propagação dessa onda no ambiente tem relação com a velocidade de propagação da onda e na sexta (6ª) do pós-teste, na 66,7% (8 estudantes), associaram às diferentes frequências sonoras produzidas.

A décima (10ª) questão do pré-teste e a quinta (5ª) do pós-teste procuram relacionar as características físicas como timbre, amplitude e frequência aos sons produzidos pelos instrumentos musicais.

No pré-teste, cerca de 50% (8 estudantes) associaram, corretamente, as características físicas (timbre, amplitude e frequência) ao som dos instrumentos musicais, enquanto no pós-teste, esse número chegou a 83,3% (10 estudantes).

Na tabela 4 é mostrada uma a comparação entre os resultados quantitativos do entre Pré-teste e o Pós-teste discutidos acima.

**Tabela 4:** Resultado – Pré-teste e Pós-teste

QUESTÕES	Pré-teste	QUESTÕES	Pós-teste
1	50,0 %	1	83,3 %
2	37,5 %	7	75,0 %
3	50,0 %	2	75,0 %
4	50,0 %	3	83,3 %
5	43,8 %	4	91,6 %
6	43,8 %	9	83,4 %
7	12,5 %	8	67,5 %
8	81,2 %	10	100 %
9	31,25 %	6	66,7 %
10	50,0 %	5	83,3 %

**Fonte:** próprio autor

Fazendo-se uma comparação quantitativa entre o pré-teste e pós-teste da tabela 4, verifica-se uma mudança bastante significativa nos resultados. No pré-teste o percentual médio de acertos de todas as questões, por parte dos estudantes, ficaram em torno de 45%. Após a utilização do aplicativo Android como recurso didático, nas aulas de Física Acústica, o percentual médio de acertos no pós-teste ficou em torno de 81%.

Em termos qualitativos, no pré-teste, mesmo com a realização das aulas envolvendo a discussão dos conteúdos relacionados a Física acústica e instrumentos musicais pelo professor/pesquisador, constatou-se que os estudantes não foram capazes de caracterizar, classificar, relacionar, distinguir, comparar, associar, identificar, diferenciar e integrar os conceitos âncoras envolvidos nessa área de estudo.



Após a utilização do produto educacional (aplicativo Android) como recurso didático, verificou-se que se trata de uma excelente ferramenta potencializadora da aprendizagem, pois permitiu aos estudantes uma melhor compreensão dos conceitos fundamentais relacionados a esta área. Os estudantes foram capazes de caracterizar, classificar, relacionar, distinguir, comparar, associar, identificar, diferenciar e integrar os conceitos envolvidos no conteúdo envolvendo Física acústica e instrumentos musicais.

### 6.7 Avaliação do trabalho de pesquisa e produto educacional

Nesta seção será apresentada a avaliação do trabalho de pesquisa realizado em sala de aula, levando em conta os conteúdos ministrados, a utilização dos instrumentos musicais e do produto educacional (aplicativo Android), a fim de verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de teórica de Ausubel.

Para tanto, foram feitos os seguintes questionamentos aos estudantes:

01) A discussão em sala de aula a respeito dos conceitos fundamentais de Física acústica, ajudaram-no na compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro? Comente.

Todos os alunos acharam que a discussão em sala de aula sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica ajudaram na compreensão das grandezas físicas envolvidas na produção do fenômeno sonoro.

A seguir, são colocadas algumas opiniões dos alunos referentes às aulas de Física Acústica e instrumentos musicais.

*Aluno 4: “Sim, ajudou bastante no entendimento”*

*Aluno 6: “A discussão é bem elaborada e muito interativa”*

*Aluno 7: “Sim. Apreendi coisas, que não sabia”*

*Aluno 13: “Sim, a partir da primeira aula comecei a diferenciar o **timbre** das notas sonoras”*

*Aluno 15: “Sim, assim consegui diferenciar as **frequências** de cada nota”.*

02) A utilização de instrumentos musicais nas aulas de Física Acústica ajudaram-no no entendimento e compreensão do mecanismo de produção de sons e funcionamento dos instrumentos musicais?

Todos os alunos responderam que a utilização dos instrumentos musicais como recurso didático em sala de aula ajudam bastante no entendimento e compreensão de conceitos físicos envolvidos no mecanismo de funcionamento e produção dos sons dos instrumentos musicais.

A seguir, são colocadas as opiniões dos alunos referentes às aulas de Física Acústica e instrumentos musicais:

*Aluno 2: “Sim, mostrando a diferença de cada nota”*

*Aluno 4: “Ajuda no desenvolvimento da aula e no comprometimento”*

*Aluno 6: “Sim, porque foi utilizado vários instrumentos, dentre eles, o violão, xilofone e escaleta”*

*Aluno 13: “Sim, a propagação do som em cada instrumento muda”*

*Aluno 155: “Sim, ajudou na minha percepção”*

03) A utilização do osciloscópio, presente no aplicativo, ajudaram-no na compreensão do comportamento dos sons produzidos pelos instrumentos musicais?

Todos os alunos responderam que o osciloscópio presente no aplicativo facilitou na compreensão do comportamento dos sons produzidos pelos instrumentos musicais.

A seguir são colocados as opiniões dos alunos referentes a utilização do osciloscópio:

*Aluno 2: “Sim, nela dá para ver se uma nota é grave ou aguda e dá para medir a amplitude”*

*Aluno 4: “Sim, mostrando a diferença da sua frequência”*

*Aluno 6: “Sim, mostrando a diferença de cada frequência”*

*Aluno 14: “Sim, só que varia muito devido o ambiente localizado”.*

04) Os aplicativos educacionais estão sendo utilizados com mais frequência pelos profissionais da Educação, especialmente, da área de Física. O aplicativo utilizado nesta pesquisa possibilitou a você, estudante, compreender melhor o mecanismo de funcionamento e produção dos sons dos instrumentos musicais? Comente.

Todos os alunos consideraram que o aplicativo ajudou, de forma significativa, na compreensão do mecanismo de funcionamento e produção dos sons pelos instrumentos musicais.

A seguir, são colocados as opiniões dos alunos referentes ao uso de aplicativos no ensino de Física acústica.

*Aluno 2: "Sim. Melhor que só oral, já que podemos presenciar pessoalmente"*

*Aluno 4: "Sim, ajuda no trabalho"*

*Auno 5: "Sim. Pois o osciloscópio mostrava a diferença de alta frequência e baixa frequência"*

*Aluno 6: "Sim, ajuda muito com relação as notas".*

*Aluno 14: "Sim. Facilita a compreensão dos conteúdos ensinados na sala de aula"*

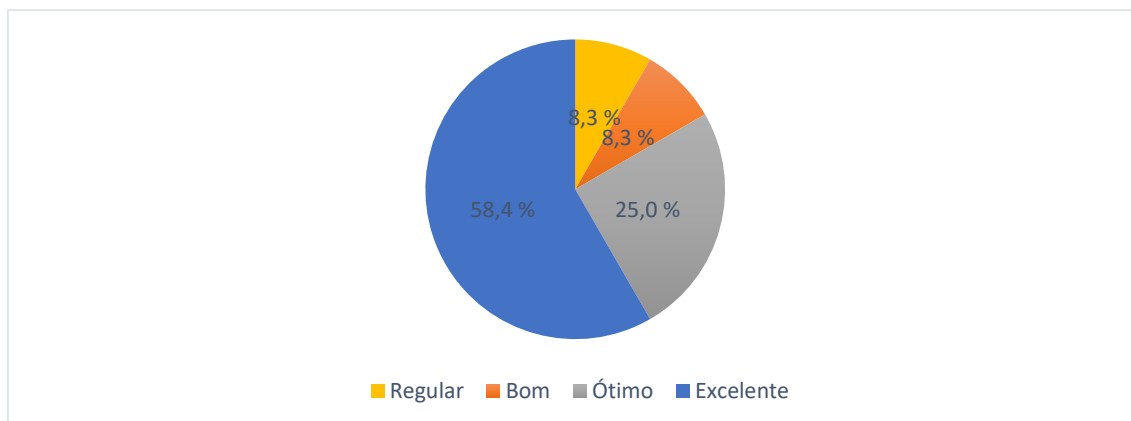
05) O que você achou do Quiz do aplicativo Física Acústica Fácil ?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

A seguir são colocados as opiniões dos alunos referentes ao Quiz do aplicativo.

De acordo com o gráfico abaixo, entre os respondentes, 8,3% (1 estudante), considera-o regular; 8,3% (1 estudante) bom; 25% (3 estudantes) ótimo e 58,4% (7 estudantes ), excelente.

**Gráfico 29:** Quiz



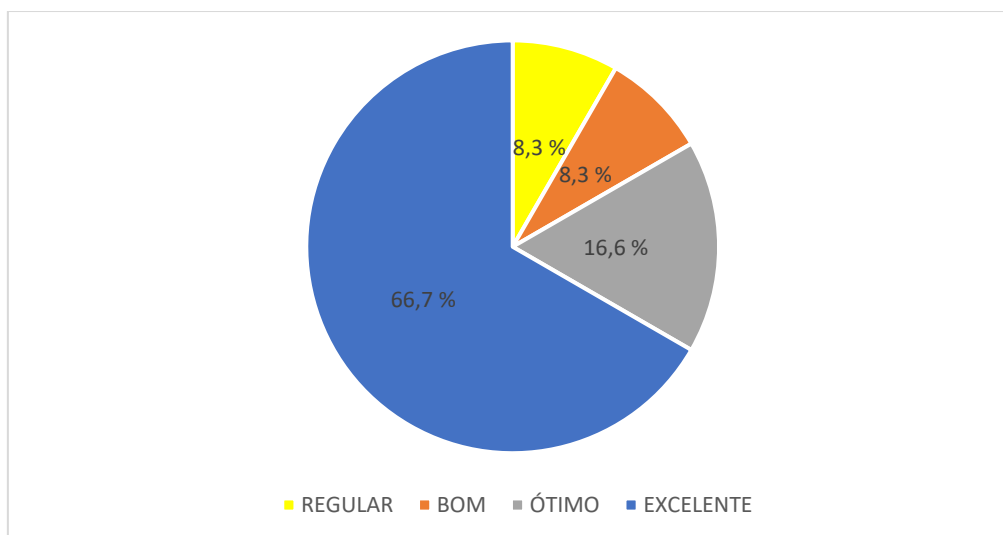
**Fonte:** próprio autor

06) O que você achou do osciloscópio do aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

De acordo com o gráfico 30, em relação ao osciloscópio do aplicativo, entre os respondentes, 8,3% (1 estudante), considera-o regular, 8,3% (1 estudante) bom, 16,7% (2 estudantes) ótimo, e 66,7% (8 estudantes), excelente.

**Gráfico 30:** Osciloscópio

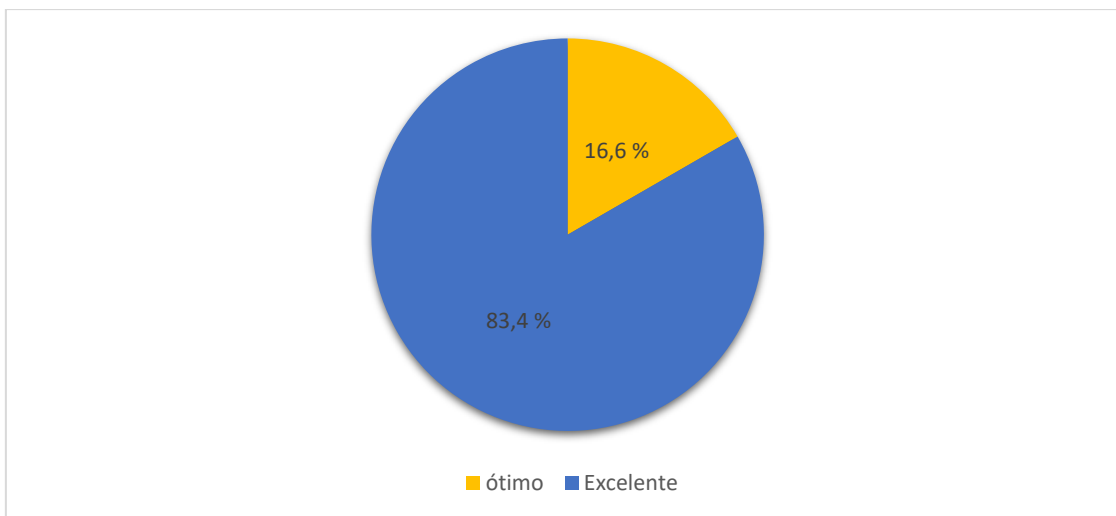


**Fonte:** próprio autor

07) O que você achou dos conteúdos, questionários e links presentes no aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

De acordo com o gráfico 31, em relação ao osciloscópio do aplicativo, entre os respondentes, 16,6% (2 estudantes) acharam ótimo, e 83,4% (8 estudantes), consideraram-no, excelente.

**Gráfico 31:** Conteúdos e links

**Fonte:** próprio autor

08) Comente sua opinião sobre o aplicativo Física Acústica Fácil.

Comentários gerais dos estudantes em relação ao aplicativo:

*Aluno 2: "Muito bom e prazeroso"*

*Aluno 4: "Não tenho nenhuma opinião sobre"*

*Aluno 5: "Bem instrutivo, e bem organizado"*

*Aluno 6: "O aplicativo é muito bom para ajudar a saber a frequência de cada nota de cada instrumento"*

*Aluno 15: "É um aplicativo que facilita a identificação das notas e de cada amplitude"*

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por meio dos resultados da pesquisa, foi possível verificar a importância e os impactos que as novas tecnologias educacionais digitais exercem na melhoria do processo de ensino-aprendizagem nas aulas de Física.

Verificou-se que a utilização das novas tecnologias digitais no processo de ensino-aprendizagem em Física favorece o aprofundamento e a integração dos conhecimentos à estrutura cognitiva do estudante, possibilitando, dessa forma, um aprendizado mais dinâmico e potencialmente significativo.

Constatou-se que a proposta de desenvolvimento de um aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física do Ensino Médio, na perspectiva teórica da aprendizagem significativa de David Ausubel, contribuiu para melhorar o processo de ensino-aprendizagem dos conteúdos relacionados à área de Física Acústica e dos instrumentos musicais, permitindo ao estudante aquisição de novos conhecimentos e mudanças na sua estrutura cognitiva. Além disso, houve aproximação do estudante com as novas tecnologias digitais utilizadas na educação.

Na aplicação do pré-teste, observou-se que os estudantes apresentaram deficiência em compreender, classificar, relacionar, associar, distinguir e integrar os conceitos fundamentais que envolvem a Física Acústica e os instrumentos musicais. Notou-se, ainda, que eles não dominavam os conceitos âncoras (subsunçores) discutidos em sala de aula.

Após a realização de atividades experimentais envolvendo o uso do produto educacional (aplicativo Física Acústica Fácil) como recurso didático, notou-se o interesse, a motivação e a curiosidade dos estudantes sobre o conteúdo de Física Acústica e instrumentos musicais, resultando na aquisição de novos conhecimentos e de novas aprendizagens significativas.

A comprovação da eficácia do produto educacional (aplicativo) foi constatada depois da realização do pós-teste. Verificou-se que os estudantes foram capazes de assimilar, compreender, classificar, distinguir, relacionar e integrar os conceitos fundamentais de Física Acústica, bem como de relacioná-los ao mecanismo de produção dos sons e ao funcionamento dos instrumentos musicais.

Atualmente, por conta do cenário mundial, devido à pandemia do coronavírus, as escolas e professores precisaram se reinventar na sua prática pedagógica. A saída encontrada para não paralisar as atividades educacionais vem sendo o uso das novas

tecnologias (ensino remoto). Na realidade, a pandemia veio mostrar o despreparo de toda a comunidade escolar em relação ao uso das atuais tecnologias digitais na educação. Constatou-se, na realidade, que elas podem ser um instrumento facilitador do processo de ensino-aprendizagem.

Em março de 2020, as instituições de ensino públicas e privadas suspenderam temporariamente as atividades presenciais em sala de aula, para combater o coronavírus. No intuito de manter as atividades educacionais durante o período de isolamento social, as instituições de ensino adotaram a modalidade de ensino remoto, na qual os profissionais da educação tiveram que promover adaptações dos conteúdos para o formato online.

Diante dessa realidade, o maior obstáculo enfrentado para aplicar o produto educacional aplicativo Android em sala de aula foi a suspensão das aulas presenciais dos estudantes pelo Governo do Estado do Piauí.

A proposta de aplicação do produto educacional estava toda organizada para ocorrer, presencialmente, no mês de março de 2020, mas houve a suspensão das aulas, devido ao coronavírus, e as aulas presenciais somente foram retomadas ao final do mês de outubro, apenas para turmas do 3º ano do Ensino Médio. Entretanto, nem todas as escolas da rede pública de ensino estavam adequadamente preparadas para o retorno das atividades presenciais e a maioria delas optou por trabalhar com o ensino remoto.

Depois de sucessivas tentativas frustradas, encontramos o Centro de Ensino de Tempo Integral (CETI) Helvídio Nunes. Após explicar a finalidade do projeto de pesquisa à direção da escola e aos coordenadores, foi permitida a aplicação do produto educacional do final do mês de novembro à primeira quinzena do mês de dezembro de 2020.

Portanto, diante dos resultados obtidos na pesquisa, constatou-se que a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel facilita o processo de compreensão e integração de novos conhecimentos à estrutura cognitiva dos estudantes.

## REFERÊNCIAS

ARANHA, C.P. Levantamento sobre Aplicativos Disponíveis na Play Store e App Store Aplicados ao Ensino de Ciências. **Revista Tecnologias na Educação**. Ano 9 – Número/Vol.22 – Edição Temática VI–II Simpósio Nacional de Tecnologias Digitais na Educação (II-SNTDE). UFMA. 2017.

BARDIN, L. **Análise conteúdo**. Lisboa, Portugal: edições 70, 2006/2011

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura – Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica. **PCN+ - Ensino Médio, Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**, 2002. Disponível em <[http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN\\_FIS.pdf](http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf)>. Acesso em 13 jun. 2018.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio: Linguagens, Códigos e Suas Tecnologias**. Brasília: MEC/SEMTEC, v. 2, 1999.

BRASIL, MEC, **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio – 2013**.

CARNEIRO, M.M. **O Ensino de Acústica no Ensino Médio na Rede Pública no Ensino Médio por meio de Instrumentos Musicais de Baixo Custo**. UEC, 2013.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, matemática e suas tecnologias. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Brasília: MEC; SEMTEC, 2002.

BRASIL. **PCN+ Ensino Médio. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: MEC, 2006. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 22 nov. 2018.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais Gerais da Educação Básica**. Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica. Diretoria de Currículos e educação Integral. MEC. Brasília, 2013, 562p.

BÔAS, V. N.; DOCA, H. R.; BISCUOLA, J.G; **Física**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2013.



BORBA, M. et al. **Fases das tecnologias digitais em educação matemática: sala de aula e internet em movimento**. 1ª. ed. Belo Horizonte: Autêntica editora, 2014.

BORGES, A.N; RODRIGUES, C.G. **Introdução á Física Acústica**. São Paulo 1.ed. Livraria da Física. 2017.

CARVALHO, M. V. COSME de; MATOS; K.S.L de. **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão**. In A teoria Significativa de David Ausubel. Fortaleza: Ed UECE, 2015.

CAVALCANTE, K. G. **A Física e os Instrumentos Musicais"**; *Brasil Escola*. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-fisica-os-instrumentos-musicais.htm>. Acesso em 24 de fevereiro de 2021

COSTA, L.G; BARROS, M.A. **O ensino de Física no Brasil: problemas e desafios**. Educere. XII Congresso Nacional de Educação. In IX Encontro Nacional sobre Atendimento Escolar hospitalar – ENAEH. PUC -PR. 2015. Disponível em : <http://educere.bruc.com.br>. Acesso em: 25 jun. 2021

CONCEIÇÃO;GRILLO;BAPTISTA;CONCEIÇÃO;GSCHWEND. **Uma Proposta de Utilização da Acústica Musical no Ensino de Física**. XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF, 2009

CHIERECCI, R. **A Presença Essencial da Música no Aprendizado de Física**. São Paulo, USP, 2013.

CRESWELL, J. W.; CLARK, L.P. V. **Pesquisa de métodos mistos**. Tradução: Magda França Lopes ; revisão técnica: Dirceu da Silva.2. ed. – Porto Alegre : Penso, 2013.

DALMOLIN, C.P; DAMASIO, F. **O Ensino de Física dos Instrumentos Musicais Fundamentada na Teoria da Aprendizagem Significativa**. 1º Simpósio de Integração Científica e Tecnológica do Sul Catarinense – SICT-Sul. Rev. Técnico Científica (IFSC), v. 3, n. 1 (2012).

FIORENTINI, D; LORENZATO,S. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos metodológicos**. Campinas. SP: Autores Associados, 2012.

FREIRE, P. **Pedagogia do Oprimido**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FEYNMAN, R.P; LEIGHTON, R.B; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman**. vol. I (Bookman, Porto Alegre, 2008).

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

GARCIA, E. A.C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2015. p. 89 – 130.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física Ensino Médio**. 1. ed. São Paulo: Ática, v. 3, 2013.

GRANJA, C.E.S.C. **Musicalizando a escola: música, conhecimento e educação**. Coleção Ensaios Transversais. SP. Ed: Escrituras, 2006.

GRILO, M.L; PEREZ, R.P. **Física e Música**. São Paulo: Editora Livraria da Física.2016

HALLIDAY, D.; RESNICK, R, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2016.

HEWITT, P.G. **Física conceitual**. tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

JUNIOR, F. N. M.; CARVALHO, W. L. P. **O ensino de acústica nos livros didáticos da física recomendados pelo PNLEM: análise das ligações entre a física e o mundo dos sons e da música**. Holos, Ano 27, v. 1, 2011.

JUNIOR, P. L.; RODRIGUES, L. G. P; SILVA, M. T. X. **Sobre a não linearidade de fenômenos acústicos e o funcionamento da flauta transversa: uma incursão pela acústica musical**. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 29, n. 1: p. 156 – 179, abr. 2012.

KRUMMENAUER, W. L.; PASQUALETTO, T.I.; COSTA, S.S.C da. O Uso de instrumentos musicais como ferramenta motivadora para o ensino de acústica no ensino médio. **Revista Física na Escola**, v.10, n.2,2009.RS.

KNIGHT, R. **Uma abordagem estratégica**. tradução Trieste Freire Ricci. 2. ed. – Dados eletrônicos. – Porto Alegre : Bookman, 2009.

LARA, A. L et al. **Ensino de Física mediado por tecnologias de informação e comunicação: um relato de experiência**. XX Simpósio Nacional de Ensino de Física – SNEF 2013 – São Paulo, SP.

LECHETA, R. R. **Google Android aprenda a criar aplicações para dispositivos móveis com o Android SDK**. 4. ed. São Paulo: Novatec, 2015

LIMA, M.V.G; SILVA, M. L. A música como instrumento de aprendizagem. **Revista Multidisciplinar em Educação e Saúde**. RJ, 2016.

MARCONI, M. A; LAKATOS, E. M. **Metodologia do trabalho científico: procedimentos básicos, pesquisa bibliográfica, projeto e relatório, publicações e trabalhos científicos**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2001, cap. 1, p.15-42.

MINAYO (org.): **Pesquisa Social.: Teoria, método e criatividade**.29<sup>a</sup>.ed. Petrópolis, Vozes,1993.

MOREIRA, M.A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. Instituto de Física de la UFRGS. **Revista Chilena de Educación Científica**. Vol. 7, N<sup>o</sup>. 2, 2008 ,pp. 23-30. Revisado em 2012.

MOREIRA; MASSARANI. **Música e Ciência: Ambas um ser fugaz**. X Reunión de la Popularización de la Ciência y la Tecnología em América Latina y el Caribe (RED POP – UNESCO) y IV Taller “ Ciência, Comunicación y Sociedad” San José, Costa Rica, 2007.

MOREIRA, M.A. **Subsídios Teóricos para o Professor Pesquisador em Ensino de Ciências**. 2009. 70 f. Porto Alegre, 2014. Disponível em <<http://www.if.ufrgs.br/~moreira/Subsidios6.pdf>>. Acesso em 15 jun.2018.

MOREIRA, M.M.P.C.; ROMEU, M.C. **O Ensino de Acústica no Ensino Médio da Rede Pública por Meio de Instrumentos Musicais de Baixo Custo**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – IFCE Experiências em Ensino de Ciências V.14, No 2, 2019.

MOREIRA, M.A. **Uma análise crítica do ensino de Física no Brasil**. Ensino de Ciências. Estudos avançados 32 (94), p. ( 73 – 80), dezembro,2018.

MOREIRA, M.A. Grandes desafios para o ensino de Física na educação contemporânea. **Revista do Professor de Física**. Brasília, vol. 1, n. 1 • 2017.

MOURA, D. A.; NETO, P.B. O Ensino de Acústica no Ensino Médio por Meio de Instrumentos Musicais de Baixo Custo. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, 2011.

Disponível em : <http://www1.fisica.or.br>

Acesso em: 18 Dez.2019

MOREIRA, M.M. **Aprendizagem Significativa, Organizadores Prévios, Mapas Conceituais, Diagramas e Unidades de Ensino Potencialmente Significativas**. Instituto de Física – UFRGS. p. 12-30, 2013.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Blucher, v.2, 2002.

ROSA, C.T. W da; SOSO, F.S; DARROZ, L.M; .Tecnologias digitais de informação na voz dos professores de Física no Ensino Médio. **Revista Educere Et Educare**. Vol. 13, N. 30, nov./dez. 2018.

OLIVEIRA, J. P. et al. **Um Panorama dos Aplicativos Educacionais para a Disciplina de Física Disponíveis para Sistema Operacional Android**. Programa de Pós-Graduação em Formação Científica, Educacional e Tecnológica (PPGFCET), Curitiba, PR, Brasil. Vol. 21 n. 3 p.92-111 Jul./Ago. 2019.

OLIVEIRA, J. P. et al. **Mapeamento dos aplicativos educacionais para o ensino de Física**. VI SINECT – Simpósio Nacional de Ensino de Ciências e Tecnologias. UTFPR. Ponta Grossa. 2018

PAIXÃO, M.S.S.L.; FERRO, M.G.D.A. **Fundamentos Teórico-Metodológicos dos Processos de Construção do Conhecimento**. Teresina: EDUFPI, 2017.

PAIXÃO, M.S.S.L; FERRO, M.G.D.A. A teoria da aprendizagem significativa de David Ausubel. In CARVALHO, M.V.C; MATOS, K.S.L (org). **Psicologia da Educação: Teorias do desenvolvimento e da aprendizagem em discussão**. Fortaleza. P. 91 – 130. 2015.

PEREZ, M. D. C.; VIALI, L.; LAHM, R. A. Aplicativos para Tablets e Smartphones no Ensino de Física. **Revista Ciências & Ideias**, v. 7, p. 155-172, 2016.

PIETROCOLA, M et al. **Física em contextos**. 1 ed. São Paulo: Editora Brasil, v.2, 2016.

POZO, J. I.; CRESPO, M. A. G. **A aprendizagem e o ensino de Ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico**. Porto Alegre: Artmed, 2009

RIBEIRO, R.F; SILVA, S de C; .KOSCIANKI, A. Organizadores prévios para aprendizagem significativa em Física: o formato curta de animação. **Revista Ensaio**. Belo Horizonte. v.14 , n<sup>o</sup> 3. p. 167-183. 2012.

RUDIO, F. V. **Introdução ao Projeto de Pesquisa Científica**. 3<sup>a</sup>. ed. Petrópolis, Vozes, 2003.

SANT'ANNA, B et al. **Conexões com a física**. São Paulo: Moderna, v.2, 2010.

SERWAY, R. A.; JÚNIOR, J.J W. **Princípios Física: oscilações, ondas e termodinâmica**. Tradução Foco Traduções ; revisão técnica Keli Seidel. 1. ed. -- São Paulo: Cengage Learning, v.2, 2014.

SILVA, T.R.S da et al. **A presença da Teoria da Aprendizagem Significativa Nas Dissertações em Ensino de Física da UFRGS – Mestrado Profissional**. V Simpósio Nacional de Ensino Ciência e Tecnologia – SINECT, 2016.

SILVEIRA, C. P da. **Atividades Experimentais para o Ensino de Física Ondulatória no Ensino Médio e NEJA**. Dissertação. Volta Redonda, 2017. 123 f.

SILVA, B. M.; BUSS, C. S. **Organizadores Prévios para o Ensino de Física: uma aplicação para o estudo de Ondas Mecânicas**. **Revista Educar Mais**. Pelotas. Vol. 3, n. 1. 2019. p. 3 – 14. IFSul - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul-rio-grandense – Brasil.

SILVA, D. K. **A Física e os Instrumentos musicais construindo significados em uma aula de acústica**. Dissertação. Porto Alegre: UFRGS 2017. 147 p.

SILVA, D. K.; PEREIRA, A. P de. **A física e os instrumentos musicais: construindo significados em uma aula de acústica**. 72 p. Textos de Apoio ao

Professor de Física, v.29, n.1, 2018. Instituto de Física – UFRGS Programa de Pós – Graduação em Ensino de Física Mestrado Profissional em Ensino de Física.

SILVA, S. de C.; SCHIRLO, A.C. Teoria da aprendizagem significativa de Ausubel: reflexões para o ensino de Física ante a nova realidade social. **Revista: Imagens da Educação**, v. 4, n. 1, p. 36-42, 2014.

SILVA, T. R. S da; PEREZ, C. A. S; ROSA, T. W da; **A presença da teoria da aprendizagem significativa nas dissertações em ensino de Física**. V SIMPÓSIO NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - SINECT. UFRGS. Mestrado Profissional no Ensino de Física, 2016.

SILVA, D.M da; TAVARES, C.V; SILVA, A.M da. **O uso das tecnologias como mero auxiliar para o ensino de Física: uma abordagem geral sobre sua importância e possibilidades**. Congresso Internacional de Educação e Novas Tecnologias - CIET: Encontro de pesquisadores em Educação à Distância 26/06 a 13/07. Recife. 2018.

SILVA, C.L da; FILHO, H.V.A. O uso da tecnologia como ferramenta didática no processo educativo. **III Seminário Científico FACIG. II Jornada de Iniciação Científica**, 09 e 10 de Novembro de 2017. Disponível em: <http://pensaraacademico.faci.edu.br>  
Acesso em : 10 jun. 2021

STINGLIN, D.C. “**Ensino de Acústica: Uma sequência didática para auxiliar o ensino de intensidade sonora, baseada na Teoria da Aprendizagem Significativa**”. Trabalho de conclusão de curso. Curitiba – PR, 2014.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física Para Cientistas e Engenheiros**. 6 ed. Editora LTC, v.1, 2016.

TORRES et al. **Física Ciência e Tecnologia**.3 ed. São Paulo: Moderna, v.2, 2013.

TRENTIN. **Os instrumentos musicais como recurso didático no ensino de acústica**. **Dissertação de Mestrado** – USP, SP, 2003.

UMEDA, G.M; **Educação na Linguagem de Anima. Diálogos Ontológicos com a Música**. USP, SP, 2011.

VÁLIO, A.B.M et al. **Ser protagonista: física**. 3 ed. São Paulo. v. 2, 2016.

WISNIK, J.M. O Som e o Sentido – **Uma outra história das músicas**. Companhia das Letras, 2ª edição, SP, 2009.

YAMAMOTO, K; FUKU, L.P. **Física Para o Ensino Médio**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2017.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. 3, 2009.

ZANELLA, L. C.H. **Metodologia de pesquisa**. 2. ed. Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração. UFSC, 2013.

## APÊNDICE

### APÊNDICE A : TERMO DE CONSETIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ**  
**PRÓ-REITORIA DE ENSINO DE PÓS-GRADUAÇÃO**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS DA NATUREZA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**  
**MESTRANDO: MAURO BEZERRA DE SOUSA**  
**ORIENTADOR: PROF. Dr. MARCOS ANTONIO TAVARES LIRA**

**PESQUISA: Desenvolvimento de um aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de David Ausubel.**

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO COMO COLABORADOR DA PESQUISA EM MESTRADO NO ENSINO DE FÍSICA**

Você está sendo convidado (a) para participar, como voluntário (a), do Projeto de Pesquisa “Desenvolvimento de um aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de David Ausubel”. Caso aceite fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Caso não deseje participar da pesquisa, você não sofrerá nenhum tipo de penalidade. Meu nome é **Mauro Bezerra de Sousa**, aluno do Mestrado Nacional Profissional no Ensino de Física, sob orientação do Prof. Dr. **Marcos Antônio Tavares Lira**.

A pesquisa está dividida nas seguintes etapas: aula expositivas, abordando conteúdos relacionadas à área de Física Acústica e instrumentos musicais; questionário pré-teste; atividades envolvendo a utilização do aplicativo Física Acústica Fácil; questionário extraclasse e pós-teste. A carga horária da pesquisa é de 08 (oito) horas/aula.



Nesta pesquisa é assegurada o sigilo de informações quanto a privacidade dos dados dos sujeitos envolvidos. Importante frisar que você tem toda a liberdade de se recusar e participar ou retirar seu consentimento, em qualquer momento da pesquisa, sem nenhuma penalidade.

Em caso de dúvida sobre a pesquisa, você poderá entrar em contato com o pesquisador responsável através do número do celular: (86) 98886-0041 ou pelo e-mail mbfisquantica@hotmail.com. Consentimento livre e esclarecido, declaro que compreendi os objetivos desta pesquisa e como ela será realizada, os riscos e benefícios envolvidos e concordo em participar voluntariamente da pesquisa. Dou meu consentimento para que o pesquisador Mauro Bezerra de Sousa utilize os dados por mim fornecidos, de forma anônima, em relatórios, artigos e apresentações científicas.

Esclarecemos ainda que não haverá nenhum tipo de pagamento ou gratificação financeira pela sua participação.

#### **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO COMO COLABORADOR DA PESQUISA EM MESTRADO NO ENSINO DE FÍSICA**

Eu, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_, concordo em participar do estudo: como participante/sujeito desta pesquisa, respondendo ao pré-teste, questionários e pós-teste estabelecidos na proposta de ensino, com carga horária de 12 (doze) horas. Tive pleno conhecimento das informações que li e que foram descritas sobre o referido estudo. Ficaram claros para mim os propósitos do estudo, os procedimentos a serem realizados, as garantias de confidencialidade e de esclarecimentos permanentes. Ficou evidente também que minha participação é isenta de quaisquer despesas bem como de remuneração. Concordo, voluntariamente, em participar desse estudo e poderei retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem penalidades ou prejuízos.

Teresina, \_\_\_\_\_, de \_\_\_\_\_, 2020

---

Assinatura do sujeito participante da pesquisa

## **APÊNDICE B: ATIVIDADES DESENVOLVIDAS EM SALA DE AULA**

### **1. AULA TEÓRICA SOBRE FÍSICA ACÚSTICA E OS INSTRUMENTOS MUSICAIS**

- Discutir os conceitos Fundamentais de Física Acústica para a compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro e as principais características físicas relacionadas ao som produzido pelos instrumentos musicais.

### **2. PRÉ-TESTE**

- Verificar o conhecimento prévio dos estudantes relacionados aos conceitos fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais.

### **3. ATIVIDADE: INSTRUMENTOS MUSICAIS/OSCILOSCÓPIO**

- Fazer uso dos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta) e do osciloscópio presente no produto educacional - Aplicativo Física Acústica Fácil, para captação e reconhecimento dos sons emitidos por estes instrumentos musicais.

### **4. ATIVIDADE EXPLORATÓRIA (EXTRA-CLASSE): FÍSICA ACÚSTICA**

- Utilizar o Aplicativo Física Acústica Fácil para resolução de questões teóricas, envolvendo conceitos e curiosidades sobre esta área de conhecimento;
- Verificar o desempenho do aluno quanto a utilização do jogo - QUIZ

### **5. QUESTIONÁRIO: PÓS-TESTE**

- Verificar se a proposta de utilização de um aplicativo como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica na perspectiva de David Ausubel.

## **APÊNDICE C: ATIVIDADE EXTRACLASSE I: FÍSICA ACÚSTICA**

Procure responder as seguintes questões:

- 01) Explique o que é onda.
- 02) Explique o que são ondas mecânicas. Cite exemplos.
- 03) Explique o que são ondas eletromagnéticas. Cite exemplos.
- 04) Explique o que são ondas longitudinais. Cite exemplos.
- 05) Explique o que são ondas transversais. Cite exemplos.
- 06) Quais são os principais fenômenos ondulatórios? Caracterize-os.
- 07) Quais são as principais propriedades das ondas periódicas?
- 08) Caracterize as ondas sonoras.
- 09) Explique como ocorre a sensação auditiva.
- 10) Quais são os principais fenômenos ondulatórios que estão relacionados à produção dos sons? Caracterize-os.
- 11) Explique o que são instrumentos musicais e como são classificados os instrumentos musicais?

## **APÊNDICE D: ATIVIDADE EXPLORATÓRIA II – LINKS SOBRE CURIOSIDADES EM FÍSICA ACÚSTICA**

Procure responder as seguintes questões relacionadas aos links sobre curiosidades em Física Acústica:

- 01) Os fones de ouvido contribuem para a perda de audição entre jovens. Por quê?
- 02) O que é e para que serve um osciloscópio?
- 03) Qual a importância dos instrumentos musicais para o cérebro?
- 04) Explique como é produzido o som nos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e a escaleta.

## APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO PRÉ-TESTE

### PRÉ-TESTE – MESTRADO

Nome:

---

01) Analise as afirmativas a seguir:

- I) Onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.
- II) As ondas, quanto a sua natureza são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.
- III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz
- IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

- a) I , II e IV
- b) I, II e III
- c) II, III e V
- d) I, III e IV

02) O quadro abaixo indica as várias grandezas físicas associadas às ondas periódicas. Faça a associação entre essas grandezas e o seu respectivo conceito.

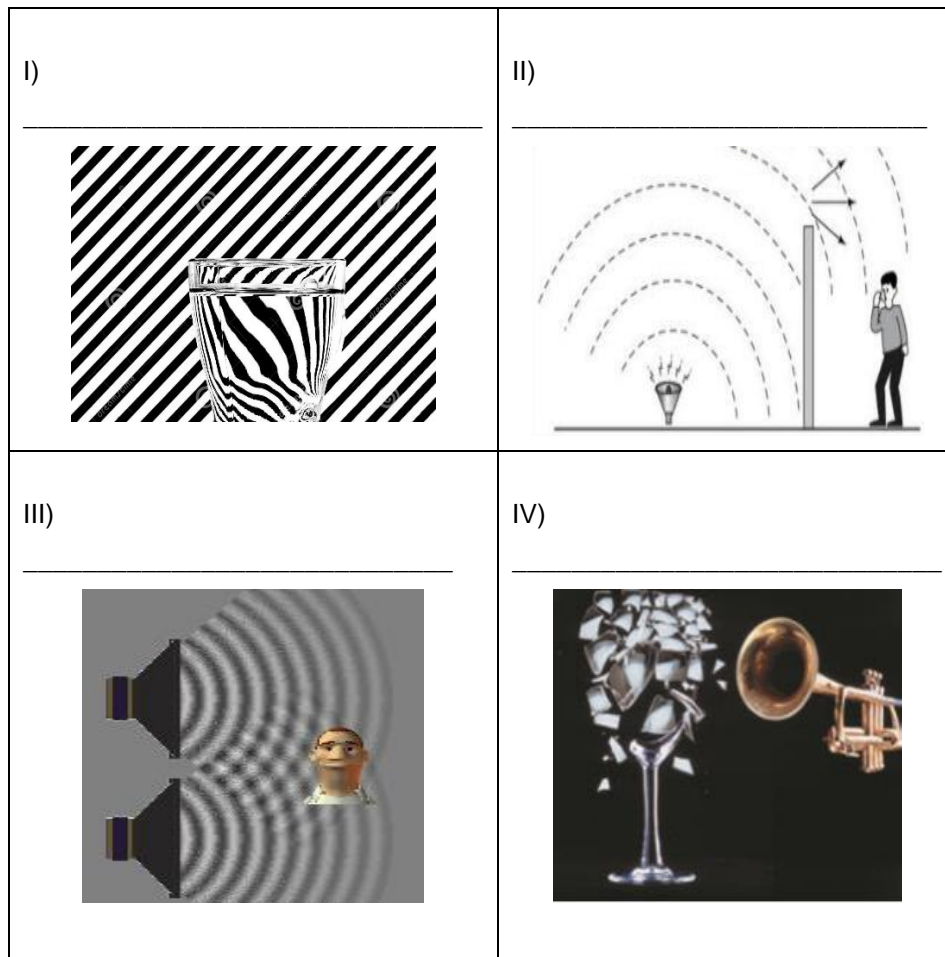
(a) Velocidade de propagação	( ) corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda.
(b) Frequência	( ) corresponde o número de oscilações executadas durante um intervalo de tempo.
( c) Comprimento de onda	( ) é definida como a distância percorrida pela onda por unidade de tempo e depende do meio em que ela está se propagando.
(d) Período	( ) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio.
(e) Amplitude	( ) corresponde ao comprimento de uma onda completa

A associação correta é:

- a) a, b, c, e, d.
- b) d, b, a, e, c
- c) d, b, a, c, e
- d) a, e, d, c, b

03) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânica e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência; IV – reflexão
- b) I – refração; II – interferência; III – ressonância; IV – difração
- c) I – refração; II – difração; III – interferência; IV – ressonância.
- d) I – refração; II – difração; III – ressonância; IV – interferência

04) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

---



---

05) A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastantes conhecidos de todos nós.

Violino	Triangulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro**, **corda** e **percussão**.

- a) Violão, Castanhola, Bongô
- b) Violino, Xilofone, Violino
- c) Berimbau, Trombone, Hand Pan
- d) Escaleta, Violão, Xilofone

06) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

---



---

07) O aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. De que forma o cérebro consegue interpretar a sensação auditiva?

Resposta:

---



---

08) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de zarlin ( dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó ), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ( * )
FREQUÊNCIA ( Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

---

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

d) Qual nota é a mais aguda?



Resposta:

Nota: \_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

09) Ao tocar um violão, um músico produz ondas nas cordadas desse instrumento. Em consequência, são produzidas ondas sonoras que se propagam no ar. Comparando-se uma onda produzida em uma das cordas do violão com a onda sonora correspondente, é correto afirmar que as duas têm:

- a) a mesma amplitude
- b) a mesma velocidade de propagação
- c) a mesma frequência
- d) o mesmo comprimento de onda

10) Analise as afirmações a seguir:

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
- II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.
- III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

## APENDICE F: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO ( PÓS-TESTE)

## PÓS - TESTE : MESTRADO

Nome:

---

01) Analise as afirmativas a seguir:

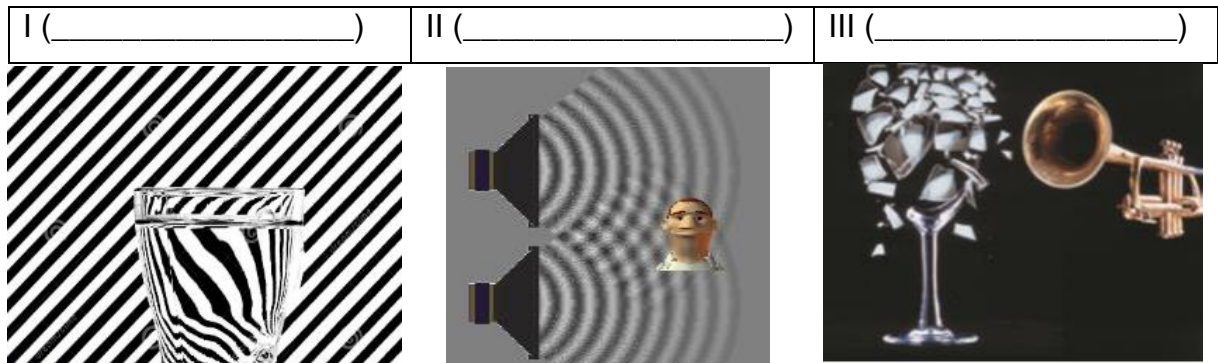
- I) Onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.
- II) As ondas, quanto a sua natureza são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.
- III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz
- IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

- a) I , II e IV
- b) I, II e III
- c) II, III e V
- d) I, III e IV

02) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânica e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência  
 b) I – refração; II – interferência; III – ressonância  
 c) I – refração; II – difração; III – interferência  
 d) I – refração; II – difração; III – ressonância

03) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

---

04 A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastantes conhecidos de todos nós.

Violino	Triângulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro**, **corda** e **percussão**.

- a) Escaleta, Violão, Xilofone  
 b) Violão, Castanhola, Bongô  
 c) Violino, Xilofone, Violino  
 d) Berimbau, Trombone, Hand Pan

05) Analise as afirmações a seguir:

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.
- II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.
- III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

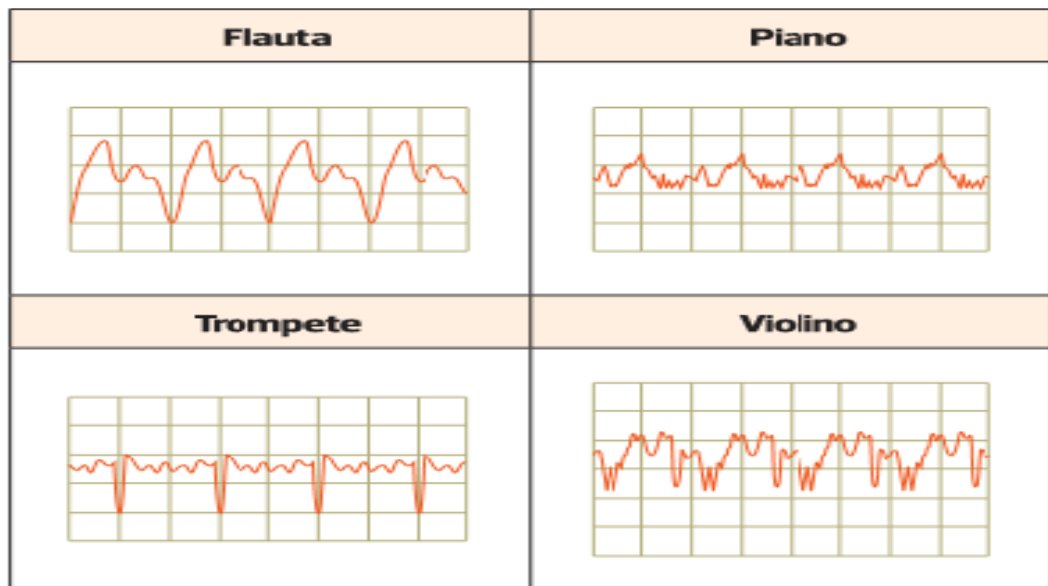
06) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone, e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento
- b) às diferentes intensidades das ondas sonoras
- c) às diferentes frequências sonoras produzidas
- d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais

07) Quais as características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som?

- a) frequência e amplitude
- b) amplitude e comprimento de onda
- c) amplitude e frequência
- d) frequência e comprimento de onda

08) Os instrumentos musicais são classificados em três tipos: corda, sopro e percussão. Na figura abaixo estão representadas as configurações resultantes diferentes que dão origem à mesma nota musical — neste caso o dó (262 Hz).



Analisando o som emitido pelos instrumentos musicais acima, podemos afirmar que o gráfico representado pela flauta, piano, trompete e violino, verifica-se que eles apresentam \_\_\_\_\_ diferentes.

- a) alturas
- b) intensidades
- c) volumes
- d) timbres

09) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

---



---



---

10) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de zarlin ( dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó ), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ( * )
FREQUÊNCIA ( Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

---

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

d) Qual nota é a mais aguda?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

## APÊNDICE G: PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

### ATIVIDADE EXPERIMENTAL: OSCILOSCÓPIO E INSTRUMENTOS MUSICAIS

NOME:

---

**Leia as seguintes instruções a seguir com bastante atenção:**

O aplicativo Física Acústica fácil contém um osciloscópio que captura e reconhece os sons produzidos pelos instrumentos musicais. Um dos pontos fundamentais do osciloscópio é mostrar o comportamento das ondas em termos de período de oscilação e a análise do espectro sonoro de cada som produzido por determinado instrumento musical em termos de frequência e amplitude da onda.

Diante do exposto, apresenta-se um roteiro experimental no qual serão verificados o comportamento das ondas sonoras produzidos pelos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e escaleta.

ROTEIRO:

O Osciloscópio faz a captura e análise espectral do som produzido por um determinado instrumento musical. Ele apresenta um menu onde é possível escolher o período de oscilação da onda. O período de oscilação varia de 0,1 ms a 0,5 s.

#### **Procedimento nº 01**

Utilizando o osciloscópio do aplicativo Física Acústica Fácil, procure observar o comportamento gráfico do som produzido ao se tocar ou percutir determinada nota musical dos instrumentos musicais ( violão, xilofone e escaleta). Você percebeu alguma diferença , em termos gráficos, na captação do som produzido pelo osciloscópio quando se toca determinada nota musical destes instrumentos? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---

---



**Procedimento n<sup>o</sup> 02**

Verifique o comportamento da onda, em termos gráficos, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota mi (aguda) , si, sol, ré, lá , do **violão**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---

**Procedimento n<sup>o</sup> 03**

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e sido **xilofone**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---



---

**Procedimento n<sup>o</sup> 04**

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e si ,da **escaleta**

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude, comprimento de onda) gráfico de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---



---

**Procedimento n<sup>o</sup> 05**

Análise o espectro sonoro produzido pelas notas musicais ( dó, ré, mi, fá, sol, lá e si) no violão, xilofone e escaleta e procure identificar a frequência e amplitude do

som produzido por cada nota e compare-as. Anote os valores detectados pelo osciloscópio na tabela para cada instrumento.

**VIOLÃO:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

**XILOFONE:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

**ESCALETA:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

a) Que conclusões você pôde tirar ao comparar os dados obtidos pelo osciloscópio para cada nota musical dos instrumentos musicais envolvidos (violão, xilofone e escaleta)?

Comente:

---



---

b) Você percebeu alguma mudança no timbre de cada nota musical tocada em cada um dos instrumentos musicais ( violão, xilofone e escaleta).

Comente:

---

---

c) O que faz com que o som de cada instrumento musical ( violão, xilofone e escaleta) seja diferente um do outro ?

Comente:

---

---

## APENDICE H: AVALIAÇÃO DO APLICATIVO

### AVALIAÇÃO DO TRABALHO

01) A discussão em sala de aula a respeito dos conceitos fundamentais de Física Acústica ajudaram-no na compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro?

Comente:

---

---

---

02) A utilização de instrumentos musicais nas aulas de Física Acústica ajudaram-no no entendimento e compreensão do mecanismo de produção de sons e funcionamento dos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

---

03) A utilização do osciloscópio, presente no aplicativo Física Acústica Fácil, ajudaram-no na compreensão do comportamento dos som produzidos pelos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

---

04) Os aplicativos educacionais estão sendo com mais frequência pelos profissionais da Educação, especialmente, da área de Física. O aplicativo utilizado nesta pesquisa possibilitou a você estudante a compreender melhor o mecanismo de funcionamento e produção dos sons dos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

05) O que você achou do Quiz do aplicativo Física Acústica Fácil ?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

06) O que você achou do osciloscópio do aplicativo ?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

07) O que você achou dos conteúdos, questionários e links presentes no aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

08) Comente sua opinião sobre o aplicativo Física Acústica Fácil.

---

## APENDICE I: PRINT DO DESENVOLVIMENTO DO APLICATIVO - STRAPI

strapi-cms-osciloscopio.herokuapp.com/admin/plugins/content-manager/collectionType/application::post.post/5edd5dc1828355433d5193ba?redirectUrl=/plugins/content-manager/collectionT...

strapi

TIPOS DE COLEÇÃO

- Categories
- Posts
- QuestionTypes
- Questions
- Usuários

EXTENSÕES

- Construtor de Tipos de Conteúdo
- Media Library
- Papéis e permissões

GERAL

- Marketplace
- Extensões
- Configurações

5edd5dc1828355433d5193ba

Deletar Reiniciar Salvar

Text

Adicionar um título B / U Pré-visualizar

```
<html>
<head>
<meta charset="UTF-8">
</head>
<body>
<p>
</p>
<p>
De acordo com Halliday e Resnick (2016), as ondas mecânicas são geradas a partir da perturbação de um meio elástico, ou seja, de um meio material (sólido, líquido ou gasoso). As partículas do meio, atingidas pela perturbação, tendem a retornar às suas posições de equilíbrio, e a perturbação termina por se propagar através do meio.
</p>
<p>
As ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem ( não se propagam no vácuo). Exemplos : ondas criadas numa corda, ondas na superfície dos líquidos ou, ainda ondas sonoras se propagando no ar.
</p>
<p>
A figura 1, a mão da pessoa produz perturbações na superfície da água e estas acabam se propagando a partir do ponto em que foram produzidas.
</p>
<div style="text-align: center">
<p><strong>Figura 1:</strong> onda na superfície de um lago</p>
</div>
<div style="text-align: center">

</div>
</p>
```

Configure a visualização

VÍDEOS DE INTRODUÇÃO 0% CONCLUÍDO

- Create your first content-type 1:43
- Fill your content with data 1:06
- Fetch data through the API 0:44

strapi-cms-osciloscopio.herokuapp.com/admin/plugins/content-manager/collectionType/application::post.post/5edd5dc1828355433d5193ba?redirectUrl=/plugins/content-manager/collectionT...

strapi

TIPOS DE COLEÇÃO

- Categories
- Posts
- QuestionTypes
- Questions
- Usuários

EXTENSÕES

- Construtor de Tipos de Conteúdo
- Media Library
- Papéis e permissões

GERAL

- Marketplace
- Extensões
- Configurações

5edd5dc1828355433d5193ba

Deletar Reiniciar Salvar

Text

Adicionar um título B / U Pré-visualizar

```
magnéticos oscilantes e transportando energia em pacotes - fótons ou quantas de energia. As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais. No vácuo, qualquer onda eletromagnética propaga-se com uma velocidade constante  $c = 300.000 \text{ km/s}$ . Exemplos: a luz, as ondas de rádio e TV, as ondas de radar, as micro-ondas, os raios X, os raios infravermelhos e ultravioletas. (HALLIDAY; RESNICK, 2016).
</p>
<p>
A figura 2 representa a propagação das ondas eletromagnéticas produzidas por uma estação de rádio. As cargas elétricas oscilantes da antena criam campos elétricos e magnéticos oscilantes que se propagam pelo espaço.
</p>
<div style="text-align: center">
<p>
<strong>Figura 2:</strong> Propagação das ondas eletromagnéticas em uma estação de rádio
</p>
</div>
<div style="text-align: center">

<p>
PhET Interactive Simulations
</p>
</div>
</p>
As ondas eletromagnéticas apresentam o que chamamos de espectro eletromagnético - distribuição de ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis. A distribuição dessas ondas na região do espectro, depende de padrões de referências físicas como a frequência e o comprimento de onda (KNIGHT, 2009).
</p>
<p>
A figura 3 a seguir ilustra o espectro eletromagnético de diversas ondas eletromagnéticas que se propagam em determinado meio (vácuo) com velocidade de  $300.000 \text{ km/s}$ .
</p>
<div style="text-align: center">
</div>
</p>
```

Configure a visualização

VÍDEOS DE INTRODUÇÃO 0% CONCLUÍDO

- Create your first content-type 1:43
- Fill your content with data 1:06
- Fetch data through the API 0:44
- Documentação

This screenshot shows the Android Studio IDE with the `SpectrumActivity` class open. The code defines constants for preferences and permissions, and implements the `onCreate` method. A mobile emulator is overlaid on the code, displaying a spectrum analyzer interface with a title bar showing "Spectr..." and "-80.0dB". The emulator shows a green waveform on a grid. The IDE interface includes the Project, Resource Manager, and Build Variants toolbars on the left, and the Gradle, Flutter Inspector, Flutter Outline, Flutter Performance, and Device File toolbars on the right. The status bar at the bottom shows "Android Studio 4.1.2 available: // Update... (today 16:32)" and "90:52 LF UTF-8 4 spaces master".

```
// SpectrumActivity
public class SpectrumActivity extends AppCompatActivity
    implements View.OnClickListener
{
    private static final String PREF_INPUT = "pref_input";
    private static final String PREF_FILL = "pref_fill";
    private static final String PREF_HOLD = "pref_hold";
    private static final String PREF_SCREEN = "pref_screen";
    private static final String PREF_DARK = "pref_dark";

    private static final int REQUEST_PERMISSIONS = 1;

    private Spectrum spectrum;
    private TextView text;
    private Toast toast;

    private MenuItem lockItem;

    private Audio audio;

    private boolean dark;

    // On create
    @Override
    protected void onCreate(Bundle savedInstanceState)
    {
        super.onCreate(savedInstanceState);

        // Get preferences
        getPreferences();

        if (dark)
```

This screenshot shows the Android Studio IDE with the `MainActivity` class open. The code defines constants for preferences, tags, states, and strings, and implements the `onCreate` method. A mobile emulator is overlaid on the code, displaying an oscilloscope interface with a title bar showing "Oscil...". The emulator shows a green waveform on a grid. The IDE interface includes the Project, Resource Manager, and Build Variants toolbars on the left, and the Gradle, Flutter Inspector, Flutter Outline, Flutter Performance, and Device File toolbars on the right. The status bar at the bottom shows "C-style array declaration of field 'data'" and "770:25 LF UTF-8 4 spaces master".

```
// MainActivity
public class MainActivity extends AppCompatActivity
{
    private static final String PREF_INPUT = "pref_input";
    private static final String PREF_SCREEN = "pref_screen";
    private static final String PREF_DARK = "pref_dark";

    private static final String TAG = "Scope";
    private static final String STATE = "state";

    private static final String SINGLE = "single";
    private static final String TIMEBASE = "timebase";

    private static final String START = "start";
    private static final String INDEX = "index";
    private static final String LEVEL = "level";

    private static final float values[] =
    {
        0.1f, 0.2f, 0.5f, 1.0f,
        2.0f, 5.0f, 10.0f, 20.0f,
        50.0f, 100.0f, 200.0f, 500.0f
    };

    private static final String strings[] =
    {
        "0.1 ms", "0.2 ms", "0.5 ms",
        "1.0 ms", "2.0 ms", "5.0 ms",
        "10 ms", "20 ms", "50 ms",
        "0.1 sec", "0.2 sec", "0.5 sec"
    };
};
```

## APENDICE J: PRODUTO EDUCACIONAL



### PRODUTO EDUCACIONAL

## APLICATIVO ANDROID COMO RECURSO DIDÁTICO NAS AULAS DE FÍSICA ACÚSTICA NO ENSINO MÉDIO NA PERSPECTIVA TEÓRICA DE AUSUBEL

Autor: Mauro Bezerra de Sousa

Prof. Dr. Marcos Antônio Tavares Lira  
Orientador

TERESINA  
2021



## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>APRESENTAÇÃO .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1</b>	<b>Geral .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2</b>	<b>Específicos .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>PRODUTO EDUCACIONAL .....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Conteúdo do aplicativo .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Osciloscópio .....</b>	<b>49</b>
<b>3.3</b>	<b>Conhecendo o aplicativo .....</b>	<b>54</b>
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>67</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivos das atividades desenvolvidas .....</b>	<b>68</b>
<b>4.2</b>	<b>Percurso metodológico .....</b>	<b>69</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>74</b>
	<b>APENDICE .....</b>	<b>76</b>

## 1 APRESENTAÇÃO

É preciso construir uma nova visão de conhecimento na área de Física, principalmente, no que diz respeito ao processo ensino e aprendizagem desta ciência. É necessária a construção de um currículo mais atualizado, voltado à formação de um cidadão contemporâneo, atuante, solidário e crítico, com instrumentos que possibilitem aos estudantes meios de compreender, intervir e participar da realidade em que vive.

Nesse entendimento, as propostas de mudanças estabelecidas pelas Diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais - PCN+ para o Ensino de Física requerem um conjunto de competências para lidar com o mundo físico. Estas devem ser trabalhadas de forma contextualizada, sendo elas articuladas, inter-relacionadas e integradas e que atendam e estejam direcionadas a capacidade dos estudantes.

A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam ao estudante perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes no cotidiano.

Os objetivos propostos pelos PCN+ não devem ficar restritos apenas ao desenvolvimento de competências e habilidades. Na realidade, elas devem estar integradas com o cotidiano dos estudantes. Para que isso se concretizem, na prática, é fundamental realizar ações e intervenções mais concretas no processo ensino e aprendizagem. Deve-se buscar a organização de atividades que possam ser trabalhadas em sala de aula de forma didática, utilizando critérios rigorosos nas escolhas de conteúdo, que serão trabalhados pelo professor. Cada ação deve ser bem coordenada pelo professor em sala de aula. Dessa forma, será possível dar, aos estudantes, possibilidades de estruturar e organizar o desenvolvimento de conhecimentos, atitudes, valores pessoais e cultura científica.

O Ensino de Física no Brasil ainda é caracterizado pela ausência de prática experimental, dependência excessiva do livro didático, valorização do método expositivo, reduzido número de aulas, currículo desatualizado e descontextualizado, profissionalização insuficiente do professor, excesso na aplicação e explicação de modelos matemáticos, memorização de fórmulas, resolução de exercícios e problemas. Prevalece um ensino onde o aluno recebe muitas informações prontas e acabadas, e, no final, não consegue desenvolver o próprio senso crítico. Esse tipo de

educação cria uma barreira para o entendimento e a compreensão desta ciência, provocando, de certa forma, uma quebra ou ruptura no processo de ensino e aprendizagem.

Diante desse quadro, na realidade, não há mais espaço para ensinar só fórmulas e resolver exercícios prontos e acabados em sala de aula, tampouco preparar o aluno exclusivamente para vestibulares ou Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM). O cenário educacional do ensino de Física requer mudanças em relação à abordagem desta Ciência (metodologias, currículo, conteúdos, prática pedagógica).

Muitos educadores e profissionais desta área de conhecimento há muito tempo já perceberam que a metodologia tradicional não mais atende às perspectivas do ensino de Física. A educação precisa romper com esses paradigmas tradicionais, buscando modelos e métodos educacionais mais eficazes, a fim de tornar o processo ensino e aprendizagem algo mais significativo, aproximando, cada vez mais, os estudantes dessa ciência e de suas aplicações.

Atualmente, no cenário educacional, um dos grandes aliados na melhoria da qualidade do processo de ensino e aprendizagem em sala de aula são as novas tecnologias educacionais.

Dentro do ensino de Física, as novas tecnologias estão sendo bastante difundidas e utilizadas como recursos educacionais. A utilização desses novos recursos pelo professor permitirá inovar os métodos de ensino e os processos de aprendizagem, sendo ferramentas essenciais para o processo de aquisição de conhecimento e cultura científica por parte do estudante. Dessa forma, a inserção das novas tecnologias educacionais poderá servir como base para a ruptura dos processos tradicionais de ensino e aprendizagem. Entre os novos recursos tecnológicos que podem servir como proposta de ensino e aprendizagem estão os aplicativos para celulares e smartphones, livros digitais, computadores, internet, laboratório digital, entre outros.

Nesse sentido, visando aproximar o estudante da Física e torná-la mais interessante e rica de significados foi desenvolvido um aplicativo Android como recurso didático nas aulas de Física acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica de David Ausubel.

A Teoria da Aprendizagem Significativa serve como subsídio ao trabalho do professor em sala de aula, facilitando a aprendizagem dos estudantes, promovendo a aquisição de novos conhecimentos a serem incorporadas a sua estrutura cognitiva.

A teoria da aprendizagem significativa de Ausubel destaca aquilo que o aluno sabe, sendo de fundamental importância para o seu próprio crescimento intelectual - o conhecimento prévio do sujeito.

A proposta de desenvolvimento de um aplicativo que capture e reconheça os sons emitidos pelos instrumentos musicais, apresenta-se como possibilidade de permitir uma aprendizagem mais significativa no ensino de Física Acústica e tornar esta ciência mais interessante e atrativa aos estudantes.

O próximo capítulo aborda os objetivos gerais e específicos relacionados ao desenvolvimento e aplicação do produto educacional em sala de aula.

## 2. OBJETIVOS

### Geral

- Desenvolver um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

### Específicos

- Discutir os conceitos fundamentais de Física Acústica, aplicando-os ao mecanismo de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais
- Verificar o conhecimento prévio dos alunos do Ensino Médio acerca da Física Acústica e dos instrumentos.
- Utilizar o osciloscópio presente no produto educacional (Aplicativo Física Acústica Fácil), para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta);
- Propor atividades extraclasse envolvendo o uso do produto educacional para resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais).
- Verificar se a proposta de utilização do aplicativo Android como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica no Ensino Médio na perspectiva de Ausubel.

O próximo capítulo é feita uma descrição do produto educacional desenvolvido e aplicado em sala de aula.

### 3. PRODUTO EDUCACIONAL – APLICATIVO ANDROID

Tendo em vista contribuir com a melhoria do processo ensino- aprendizagem na área de Física e promover o uso das novas tecnologias em sala de aula, foi desenvolvido o aplicativo educacional voltado para a área de Física acústica. Através do aplicativo, o aluno terá acesso a informações e conhecimentos relevantes na área de Física Acústica.

O aplicativo a ser utilizado nas aulas de Física Acústica está voltado a aparelhos smartphones e tablets, com o sistema operacional Android e funciona offline para acessar os conteúdos, osciloscópio, Quiz e questionário. Já os links sobre curiosidades em Física acústica e instrumentos musicais, funcionam online.

#### 3.1 Conteúdo do aplicativo

Os conteúdos do aplicativo estão organizados com os seguintes tópicos:

- Tópico 1: Conceitos fundamentais;
- Tópico 2: Fenômenos ondulatórios;
- Tópico 3: Ondas periódicas;
- Tópico 4: Física acústica;
- Tópico 5: O ouvido humano;
- Tópico 6: Fenômenos ondulatórios – ondas sonoras;
- Tópico 7: Instrumentos musicais;
- Tópico 8: Questionário;
- Tópico 9: Links e curiosidades sobre Física acústica;
- Tópico 10: Quis.

No tópico 1 são apresentados os conceitos fundamentais de Física Acústica, entre eles o conceito de onda, natureza das ondas (mecânicas e eletromagnéticas), tipos de onda (uni, bi e tridimensional), ondas longitudinais e transversais.

### **Tópico 1. Conceitos Fundamentais**

Segundo Halliday e Resnick (2016), onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento, não havendo transporte de matéria.

As ondas, quaisquer que sejam elas, podem ser classificadas, quanto à sua natureza, basicamente em **ondas mecânicas** e **ondas eletromagnéticas** ou ondas de matéria (BORGES; RODRIGUES, 2016).

De acordo com Halliday e Resnick (2016), as **ondas mecânicas** são geradas a partir da perturbação de um meio elástico, ou seja, de um meio material (sólido, líquido ou gasoso). As partículas do meio, atingidas pela perturbação, tendem a retornar às suas posições de equilíbrio, e a perturbação termina por se propagar através do meio.

As ondas mecânicas necessitam de um suporte material para se propagarem (não se propagam no vácuo). Exemplos: ondas criadas numa corda, ondas na superfície dos líquidos ou, ainda, ondas sonoras se propagando no ar.

Na figura 1, está representada a mão da pessoa que produz perturbações na superfície da água, que acabam se propagando a partir do ponto em que foram produzidas.

**Figura 1: onda na superfície de um lago**

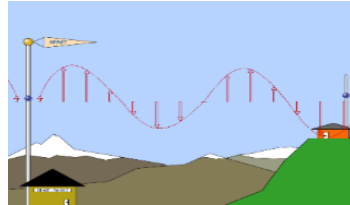


**Fonte: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda\\_mec%C3%A2nica](https://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_mec%C3%A2nica)**

As **ondas eletromagnéticas** são aquelas criadas a partir de cargas elétricas vibrantes, cujo movimento de vibração origina campos elétricos e magnéticos oscilantes e transportando energia em pacotes – fótons ou quantas de energia. As ondas eletromagnéticas propagam-se no vácuo e em alguns meios materiais. No vácuo, qualquer onda eletromagnética propaga-se com uma velocidade constante  $c = 300.000 \text{ km/s}$ . Exemplos: a luz, as ondas de rádio e TV, as ondas de radar, as micro-ondas, os raios X, os raios infravermelhos e ultravioletas (HALLIDAY e RESNICK, 2016).

Na figura 2, é representada a propagação das ondas eletromagnéticas produzidas por uma estação de rádio. As cargas elétricas oscilantes da antena criam campos elétricos e magnéticos oscilantes, que se propagam pelo espaço.

**Figura 2: Propagação das ondas**

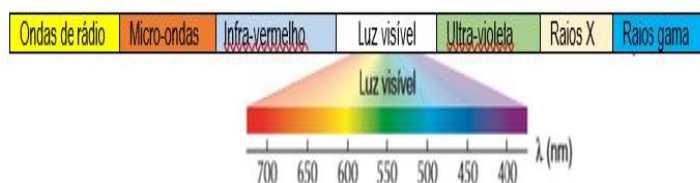


**PhET Interactive Simulations**

As ondas eletromagnéticas apresentam o que chamamos de espectro eletromagnético - distribuição de ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis. A distribuição dessas ondas na região do espectro, depende de padrões de referências físicas, como a frequência e o comprimento de onda.

Na figura 3, é ilustrado o espectro eletromagnético de diversas ondas eletromagnéticas que se propagam em determinado meio (vácuo) com velocidade de 300.000 km/s.

**Figura 3: Espectro eletromagnético**



**Fonte:** próprio do autor

O espectro eletromagnético das ondas eletromagnéticas estão organizados em faixas de frequências ( $f$ ) e comprimentos de onda ( $\lambda$ ).

O quadro 1, representado abaixo, destaca a faixa de frequências do espectro eletromagnético.



**Quadro 1:** Faixa de frequência das ondas eletromagnéticas

Região do espectro eletromagnético	Faixa de frequência (Hz)
Ondas de rádio	$< 3 \cdot 10^9$
Micro-ondas	$3 \cdot 10^9$ a $3 \cdot 10^{12}$
Infra-vermelho	$3 \cdot 10^{12}$ a $4,3 \cdot 10^{14}$
Luz visível	$4,3 \cdot 10^{14}$ a $7,5 \cdot 10^{14}$
Ultra-violeta	$7,5 \cdot 10^{14}$ a $3 \cdot 10^{17}$
Raios X	$3 \cdot 10^{17}$ a $3 \cdot 10^{19}$
Raios gama	$> 3 \cdot 10^{19}$

**Fonte:** adaptada: ifrgs/instituto de Física

Cada região do espectro eletromagnético apresenta frequências diferentes. Por exemplo, a frequência e o comprimento de onda da radiação ultravioleta é diferente quando comparada às dos raios X.

A velocidade (C) de propagação das ondas eletromagnéticas no vácuo e nos meios materiais pode ser obtida através da seguinte expressão:

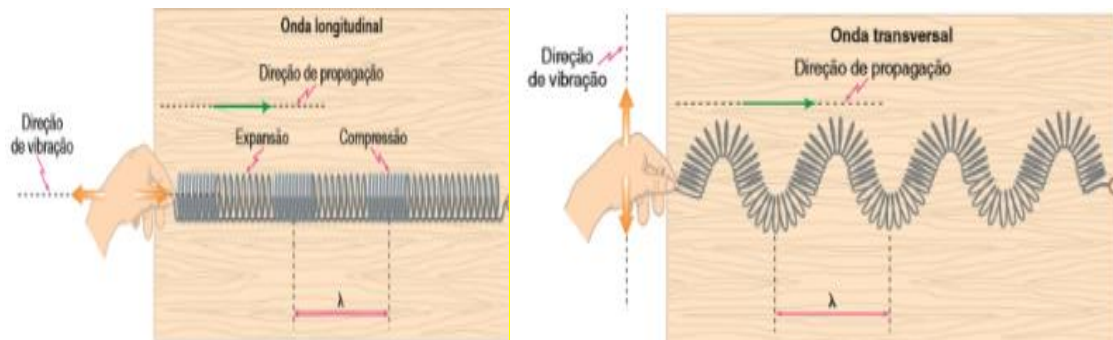
$$C = \lambda \cdot f$$

A equação informa que a frequência e o comprimento de onda são grandezas inversamente proporcionais. Quanto maior a frequência, menor será o comprimento de onda e vice-versa.

As ondas, quanto ao seu tipo, podem ser classificadas em **longitudinal** e **transversal**, dependendo da direção do movimento das partículas relativamente à sua direção de propagação.

As **ondas longitudinais** são ondas em que a direção de propagação da onda coincide com a direção de vibração. Exemplos: o som, propagando-se no ar ou em líquidos. Já as **ondas transversais** são aquelas em que a direção de propagação da onda é perpendicular à direção de vibração. Exemplos: ondas que se propagam numa corda e ondas eletromagnéticas são exemplos de ondas transversais (TORRES et al, 2016).

Na figura 4, estão representadas as formas como vibram e se propagam as ondas longitudinais e transversais produzidas em uma mola helicoidal.

**Figura 4:** onda longitudinal e transversal

Fonte: Torres et al (2016)

As ondas, quanto à direção de propagação, são classificadas em: unidimensionais, bidimensionais e tridimensionais. Nas ondas **unidimensionais** a energia é transportada pela onda numa só direção. Exemplo: ondas em cordas e molas esticadas. Nas ondas **bidimensionais**, a energia e as perturbações produzidas se propagam em todas as direções, ao longo de um plano. Exemplo: quando jogamos uma pedra em um lago de águas tranquilas, formam-se ondas bidimensionais que deslocam-se pela superfície do lago. Nas ondas **tridimensionais**, a energia se propaga em todas as direções do espaço simultaneamente. As ondas luminosas que chegam do Sol e o som são exemplos de ondas de propagação tridimensional (GASPAR, 2017).

No tópico 2, são apresentados os principais fenômenos ondulatórios, entre eles, destacam-se: reflexão, refração, difração, interferência, polarização e ressonância.

## **Tópico 2** : Fenômenos Ondulatórios

Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes:

### a) Reflexão

Ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e retorna ao meio original. Durante a propagação da onda, não ocorrem alterações na velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda (GASPAR, 2017).

Na figura 5, abaixo representada, a superfície da água funciona como um espelho, refletindo a imagem dos barcos que estão ancorados no porto.

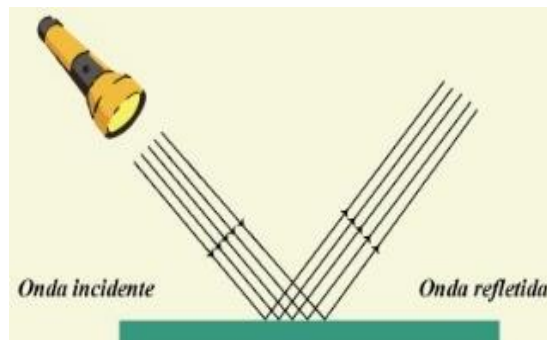
**Figura 5:** reflexão da luz



**Fonte:** próprio autor

Na figura 6, é representado o fenômeno de reflexão de uma onda luminosa, através de uma determinada superfície bem polida. A onda luminosa (incidente) atinge uma superfície refletora e retorna ao meio original.

**Figura 6:** Luz refletida por uma lanterna



**Fonte:** próprio autor

#### b) Refração:

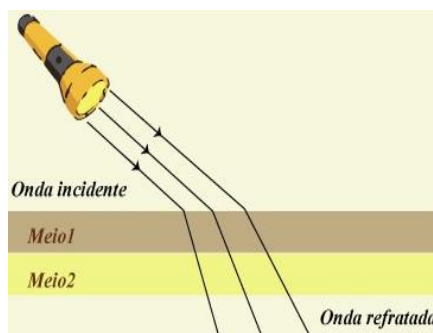
A refração ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e a atravessa, passando a se propagar no outro meio. Desta forma, ocorre alteração na velocidade de propagação da onda, e alteração no comprimento de onda, embora a frequência permaneça constante (YAMAMOTO; FUKU, 2017).

Na figura 7, temos dois lápis mergulhados em copo com água. Quando a luz passa do ar para a água, ela sofre alterações na sua velocidade de propagação e comprimento de onda, embora sua frequência permaneça constante. Perceba que os lápis que estão mergulhados, parecem quebrados, Isso ocorre devido ao fenômeno da refração da luz.

**Figura 7:** Refração da luz na água

Fonte: próprio autor

Na figura 8, é representado o esquema de como ocorre o fenômeno da refração em dois meios diferentes. A luz, ao mudar do meio (1) para o meio (2), sofre uma alteração na sua velocidade de propagação e comprimento de onda, sendo que a frequência permanece constante.

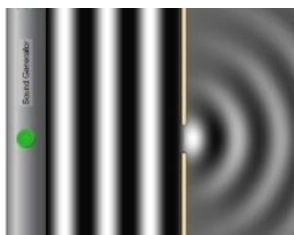
**Figura 8:** Refração da luz em dois meios diferentes

Fonte: próprio autor

c) Difração:

A difração é um fenômeno na qual a onda contorna um obstáculo ou se espalha após passar por uma ou mais fendas (GASPAR, 2017).

Na figura 9, é representado o fenômeno da difração de uma onda que passa por uma fenda.

**Figura 9:** Difração de uma onda

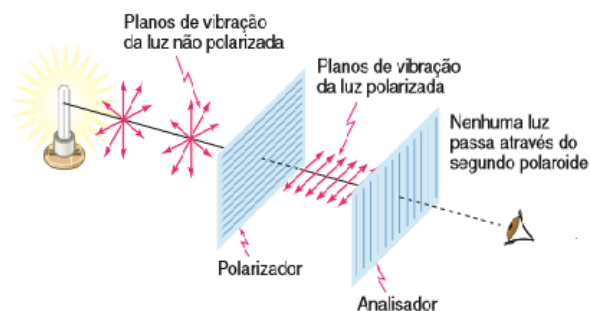
Fonte: PhET Interactive Simulations

#### d) Polarização

Polarizar uma onda significa orientá-la em uma única direção ou plano, através da passagem em um dado meio, chamado de polarizador. Somente ondas transversais podem ser polarizadas (YAMAMOTO; FUKU, 2017).

Na figura 10, é mostrada uma onda luminosa não polarizada (com seus componentes horizontais e verticais) propagando-se e atingindo um filtro na direção horizontal (polarizador). As ondas que vibram na direção horizontal atravessam o filtro. Em seguida, a luz polarizada na horizontal atinge o segundo filtro, colocado na vertical. O segundo filtro impede que as ondas horizontais passem. Dessa forma, a luz fica impedida de propagar-se.

**Figura 10:** Polarização da luz



**Fonte.** Torres et al (2016)

As aplicações práticas da polarização da luz podem ser utilizadas para filtrar a luz do Sol, como é o caso de películas de insulfilm, óculos de sol, telas de LCD e calculadoras. Na figura 11, é ilustrada a polarização da luz em dois tipos de lentes.

**Figura 11:** Polarização da luz



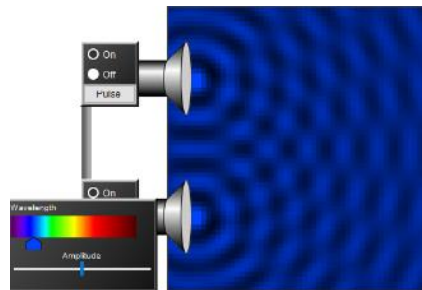
**Fonte:** [www.infoescola.com/fisica/polarizacao-da-luz/](http://www.infoescola.com/fisica/polarizacao-da-luz/)

### e) Interferência

Quando ocorre um encontro de duas ou mais ondas em um ponto, dizemos que houve interferência das ondas e o padrão de amplitudes e movimentos dos pontos atingidos pela onda obedecem ao princípio da superposição (TORRES et al, 2016).

Na figura 12, é mostrada a interferência produzida pela superposição de duas ondas luminosas. Essas ondas, ao interferirem uma com a outra, produzem ondas com interferência construtiva e destrutiva.

**Figura 12:** interferência luminosa

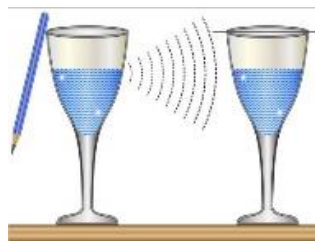


**Fonte:** PhET Interactive Simulations

### f) Ressonância

De acordo com Halliday e Resnick (2016), quando uma vibração externa, com frequência próxima ou igual à frequência natural de vibração de um sistema, é emitida na direção deste, o sistema absorve, fortemente, a energia dessa onda, aumentando a amplitude de suas vibrações. Neste caso, dizemos que o sistema está em ressonância, conforme é mostrado na figura 13.

**Figura 13:** ressonância



**Fonte:** <https://brasilescola.uol.com.br/fisica/ressonancia.htm>

No tópico 3, são discutidas propriedades como: período, frequência, amplitude, comprimento de onda e velocidade de propagação das ondas periódicas.

### **Tópico 3:** Ondas Periódicas

Segundo Gaspar (2017), existem várias grandezas físicas associadas às ondas, entre elas destacam-se: o **período** (T), a **frequência** (f), a **amplitude** (A), o **comprimento de onda** ( $\lambda$ ) e a **velocidade de propagação** (v).

De acordo com Gaspar (2017), numa **onda periódica**, por exemplo, as oscilações são geradas por fontes que executam oscilações periódicas, ou seja, repetem-se em intervalos de tempos iguais, isto é, durante a propagação, a onda mantém sua forma constante, ao longo do tempo.

Torres et al (2013) informam que o **período** (T) corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda, ou seja, é o intervalo de tempo para que cada ponto do meio no qual a onda se propaga execute uma oscilação completa, podendo ser calculado através da expressão:

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

Unidade no SI: segundo (s)

Tipler e Mosca (2016) estabelecem que a **frequência** (f) corresponde ao número de oscilações executadas durante um intervalo de tempo e pode ser representada pela seguinte expressão:

$$f = \frac{N \text{ ( número de vezes que o fenômeno se repete)}}{\text{tempo}}$$

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

Para uma oscilação, ou seja,  $N = 1$ , a expressão pode ser simplificada da seguinte forma:

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

No Sistema Internacional de Medidas a unidade de frequência é dada em Hertz (Hz).

O **comprimento de onda** ( $\lambda$ ) corresponde ao comprimento de uma onda completa ou à distância entre duas cristas ou dois vales adjacentes (PIETROCOLA et al, 2010).

Unidade no SI: metro (m)

Segundo Válio et al (2016), a **amplitude** (A) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio. Os pontos mais altos são chamados de cristas (C) e os pontos mais baixos de vales (V).

Unidade no SI: metro (m)

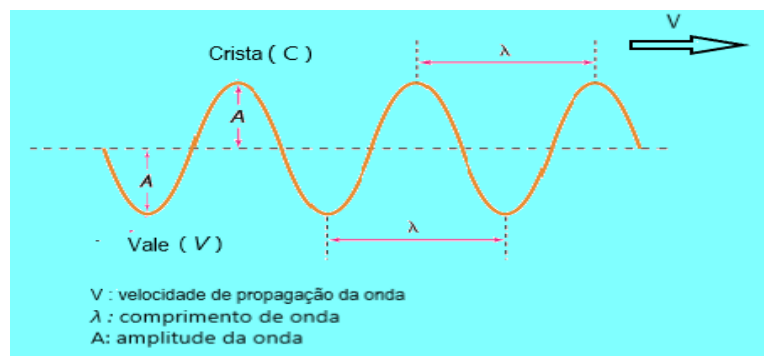
Na figura 14, é representado uma onda periódica (transversal). Nela estão representados a crista (C), vale (V), comprimento de onda ( $\lambda$ ), amplitude (A) e a velocidade de propagação da onda (V).

A **velocidade de propagação** (V) de uma onda, em um dado meio, é constante e seu valor depende das características do meio. Dessa forma, podemos descrever a velocidade de propagação de uma onda através da seguinte expressão abaixo:

$$V = \lambda \cdot f$$

Na figura 14, são representados os principais elementos que caracterizam uma onda periódica.

**Figura 14:** principais elementos de uma onda



**Fonte:** próprio do autor

No tópico 4, são apresentados os conceitos fundamentais de Física acústica, as principais propriedades das ondas sonoras e qualidades fisiológicas do som.

#### **Tópico 4:** Física Acústica

De acordo com Alvarenga (2012), os fenômenos sonoros estão relacionados às vibrações dos corpos materiais, ou seja, todas as vezes que escutamos um som, há um corpo material que vibra e produz este som.

As **ondas sonoras** são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Logo, ao contrário da luz ou de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo (ALVARENGA, 2012).



Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas sonoras são conhecidas como ondas de pressão. Na figura 15, por exemplo, a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, variações da pressão que se propaga através do meio.

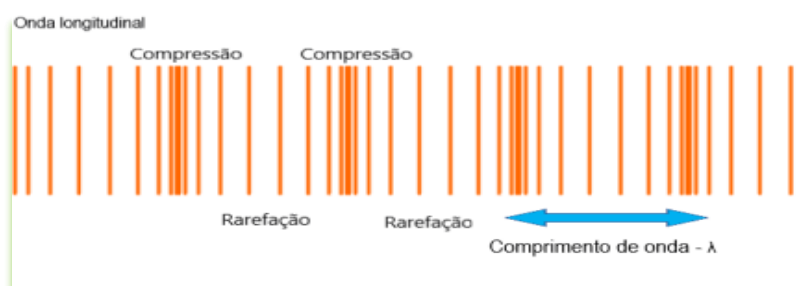
**Figura 15:** tambor



Fonte: próprio autor

Na figura 16, é representado o esquema de propagação de uma onda sonora. As ondas produzidas são longitudinais e a menor distância entre duas regiões, nas quais o ar está comprimido ou rarefeito, corresponde ao comprimento de onda  $\lambda$  da onda sonora.

**Figura 16:** propagação de uma onda sonora



Fonte: próprio autor

A velocidade de propagação das ondas sonoras pode ser expressa da mesma forma que vale para as ondas transversais. Então, vale também a relação:

$$V = \lambda \cdot f$$

Em que,  $V$  é a velocidade de propagação da onda sonora, ou simplesmente, velocidade do som;  $\lambda$  é o comprimento de onda da onda sonora;  $f$  é a frequência da onda sonora, igual à frequência da fonte.

De acordo com Serway e Jewett (2014), a velocidade de propagação de uma onda mecânica, transversal ou longitudinal, é uma característica que está vinculada ao meio.

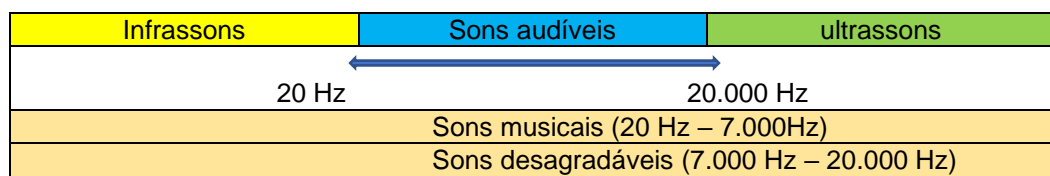
Bôas, Doca Biscuola (2013) informam que a velocidade de propagação das ondas sonoras depende, também, das condições (temperatura) do meio em que se propagam. Por exemplo, no ar, a 15<sup>o</sup> C, a velocidade do som é de aproximadamente 340 m/s; na água, de 1.500 m/s, e nos sólidos pode variar de 3.000 m/s a 6.000 m/s, dependendo da rigidez do meio.

Quanto à percepção das ondas sonoras pelo ser humano, ela depende, basicamente, de dois fatores: frequência e intensidade do som. Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2017), o sistema auditivo humano é sensível às ondas sonoras que tenham frequências entre 20 Hz e 20.000 Hz (**sons audíveis**). Se a frequência da onda é menor que 20 Hz, essa onda é chamada de **infrassom**. Exemplo: as ondas sísmicas geradas por terremotos. Se a frequência da onda for maior que 20.000 Hz, ela é chamada de **ultrassom**. Exemplos: as ondas emitidas por um sonar; o som produzido por apitos de Galton, utilizado para treinamento de cães, golfinhos e baleias.

Para que uma onda sonora seja audível para um ser humano, ela deve ter uma intensidade mínima de aproximadamente  $10^{-12} \text{ W/m}^2$ . Sons de intensidade muito elevada transportam muita energia, e podem provocar danos aos tímpanos. Experimentalmente, sons com intensidades superiores a, aproximadamente,  $1 \text{ W/m}^2$  causam desconforto e dor nos ouvidos. (TORRES et al, 2016).

Na figura 17, é representado os intervalos de frequências dos infrassons, sons audíveis e ultrassons.

**Figura 17:** espectro sonoro



Fonte: Torres et al (2016)

O som apresenta três qualidades fisiológicas: altura, intensidade e timbre. A **altura** é qualidade que permite distinguir um som grave de um som agudo. Ela depende apenas de sua frequência. Para frequências maiores, som agudo e para

frequências menores, som grave. A **intensidade** é a qualidade que permite diferenciar um som forte de um som fraco. Quanto maior for a quantidade de energia que a onda transportar aos nossos ouvidos, maior será a intensidade do som. Dessa forma, som forte é o de maior amplitude e de maior volume e o som fraco é o de menor amplitude, o de menor volume. **O timbre** é a qualidade que permite aos nossos ouvidos diferenciar dois sons de mesma altura e de mesma intensidade produzidas por fontes diferentes (TORRES et al, 2016).

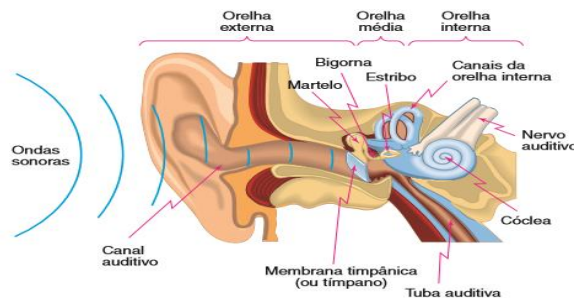
No tópico 5, são discutidos os mecanismo de funcionamento do ouvido humano.

### **Tópico 5: Ouvido Humano**

De acordo com Garcia (2013), o aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras. Essa energia é, então, enviada ao cérebro através de impulsos elétricos os quais se propagam pelas terminações nervosas, provocando a sensação auditiva.

Para entender como ocorre a sensação auditiva, é importante saber que o ouvido humano é dividido em três partes: **ouvido externo**, constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; **ouvido médio**, onde se localizam três pequenos ossos, o martelo, a bigorna e o estribo; **ouvido interno**, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano, que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração, captada pelo tímpano. (TORRES et al, 2013)

Na figura 18, são representados os elementos que constituem o ouvido humano, o percurso das ondas sonoras até chegar ao ouvido e o trajeto ao longo do canal auditivo.

**Figura 18:** elementos do ouvido humano

**Fonte:** Torres et al (2016)

A intensidade  $I$  de uma onda sonora é, por definição, a relação entre a potência  $P$ , transportada pela onda e a área  $A$  da superfície perpendicular à direção de propagação da onda e por ela atravessada. A expressão física que representa a intensidade de uma onda sonora é dada por:

$$I = \frac{P}{A}$$

Onde:  $P$  corresponde a potência da onda, no SI medida em  $J/s = W$  (watts),  $A$  representa a área da superfície atravessada pela onda, no SI medida em  $m^2$  e  $I$  é a intensidade da onda sonora, no SI medida em  $W/m^2$ .

A energia de uma onda está relacionada com a sua amplitude. Quanto maior a amplitude, mais energia a onda carrega. Mas à medida que um observador se afasta de uma fonte sonora, o nível de intensidade sonora ( $\beta$ ) diminui logaritmicamente. O nível de intensidade sonora é representada pela seguinte expressão:

$$\beta = 10 \log (I/I_0)$$

onde:  $I$  corresponde a máxima intensidade sonora ( $I = 10^0 W/m^2 = 1 W/m^2$ ) e a intensidade mínima de um som audível ( $I_0 = 10^{-12} W/m^2$ ). A unidade conhecida no SI é o decibel (dB).

No tópico 6, são apresentados os principais fenômenos ondulatórios que ocorrem com as ondas sonoras, tais como a reflexão, refração, difração, interferência e ressonância.

### **Tópico 6:** Fenômenos Ondulatórios – ondas sonoras

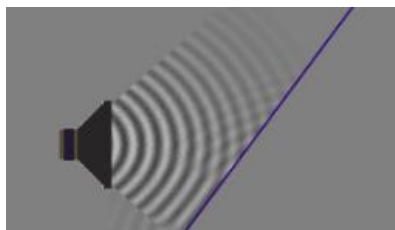
Entre os diversos fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacam-se os seguintes: reflexão, refração, interferência, a difração, ressonância sonora e batimentos.

### a) Reflexão do som

Yamamoto e Fuke (2017) informam que o menor intervalo de tempo para que dois sons não se separem no cérebro é em torno de 0,1 s (persistência acústica). A reflexão do som ocorre em três níveis: eco, reforço e reverberação. O **eco** é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \geq 0,1$  s. Nele, o observador ouve separadamente o som direto e o som refletido; a **reverberação** é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t < 0,1$  s. Isso significa que o observador ouve o som refletido, quando o direto está se extinguindo; o **reforço** é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \approx 0$  s. Dessa forma, o observador ouve o som direto, junto com o som refletido. Há somente aumento da intensidade sonora.

Na figura 19, é representado o som refletido em um obstáculo. A onda sonora produzida pela fonte vibrante atinge uma barreira e sofre reflexão.

**Figura 19:** reflexão do som em um obstáculo

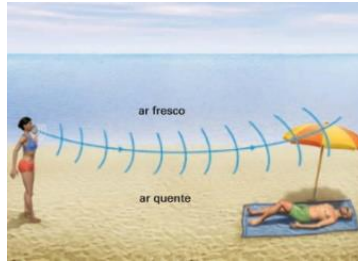


**Fonte:** PhET Interactive Simulations

### b) Refração do som

A refração do som é um fenômeno que ocorre quando a onda sonora passa de um meio para outro, com mudança em sua velocidade de propagação e em seu comprimento de onda. Durante a propagação, a frequência permanece constante (YAMAMOTO; FUKU, 2017).

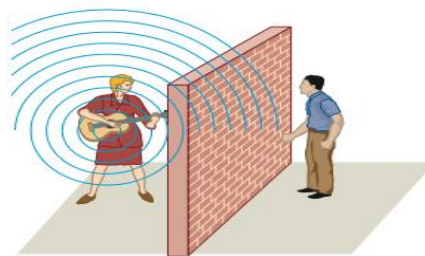
Na figura 20, é mostrado um rapaz deitado na areia da praia e que não consegue ouvir o chamado da mulher por causa da refração das ondas sonoras. Quando o som se propaga no ar, aquecido de maneira não uniforme, acaba se propagando com velocidades diferentes. Como consequência disso, o som não se propaga bem, e o homem que está deitado não consegue ouvir o som emitido pela mulher.

**Figura 20:** refração do som**Fonte:** Gaspar (2016)

## c) Difração do som

Segundo Bôas, Doca e Biscuola (2017) a difração corresponde à capacidade de uma onda sonora contornar determinados obstáculos. Para que as ondas sonoras consigam contornar os obstáculos, devem ter comprimentos de ondas de tamanhos compreendidos entre 1,7 cm e 17 m.

Na figura 21, é representado um homem e o músico, que estão separados por um muro. O homem, mesmo que não veja o músico, consegue ouvi-lo.

**Figura 21:** difração do som em um obstáculo**Fonte:** Torres et al (2015)

## d) Interferência do som

A interferência de ondas sonoras ocorre quando duas ou mais ondas sonoras se superpõem num ponto, onde pode ocorrer tanto interferência construtiva quanto destrutiva (BÔAS, DOCA e BISCUOLA, 2017).

A figura 22 representa o comportamento de duas ondas sonoras, produzidas por fontes diferentes e que se propagam através do ar e chegam aos ouvidos de uma pessoa.

**Figura 22:** Interferência de duas ondas sonoras



**Fonte:** PhET Interactive Simulations

e) Ressonância sonora

Válio et al (2016) definem ressonância sonora como sendo um fenômeno no qual um corpo oscilante (alvo) sofre aumento considerável em suas amplitudes de vibração característica, ao absorver a energia emitida por outro corpo (fonte) que vibra na mesma frequência do alvo.

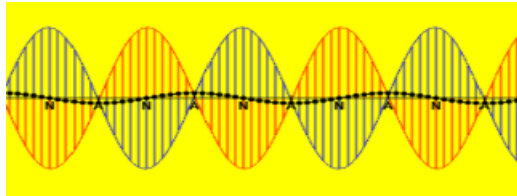
O fenômeno da ressonância tem várias aplicações práticas, e uma delas aplicadas ao funcionamento de instrumentos musicais. Ao vibrar, por exemplo, as cordas de um violão (figura 23), as frequências de vibração provocam a ressonância da caixa acústica e de outras partes do instrumento, produzindo um reforço, aumentando a intensidade do som.

**Figura 23:** ressonância sonora em um violão



**Fonte:** acervo do autor

Na figura 24, são mostradas duas ondas periódicas de frequências, comprimentos de onda e amplitude iguais, propagando-se em sentidos contrários, e que se superpõem em um dado meio, formando uma figura de interferência chamada de onda estacionária.

**Figura 24:** ondas estacionárias

**Fonte:** <https://www.walter-fendt.de/html5/phpt/>

Na figura 25, a frequência do som emitido pelo trompete atinge um valor praticamente igual a uma das frequências dos modos normais da taça de cristal, como consequência as vibrações da taça produzidas pela ressonância produzem uma amplitude suficientemente elevada para fazê-la quebrar.

**Figura 25:** ressonância produzida por um trompete em uma taça de vidro

**Fonte:** Sears, F; Zemansky, M, Física (2015)

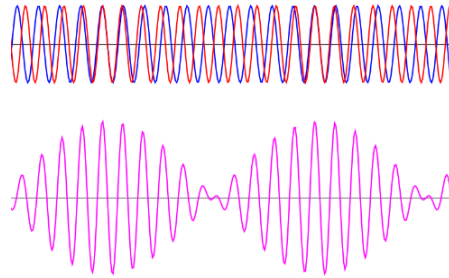
#### f) Batimentos

De acordo com Gaspar (2013), o fenômeno dos batimentos ocorre quando duas ondas sonoras apresentam frequências muito próximas uma da outra.

Na figura 26, é mostrada a propagação de duas ondas sonoras individuais, que se propagam em determinado meio, e a onda resultante durante o fenômeno do batimento. Observe que há regiões onde ocorrem interferência construtiva e interferência destrutiva.



**Figura 26 :** ondas com frequências próximas



Fonte: <https://www.vascak.cz>

O fenômeno dos batimentos pode ocorrer com qualquer onda periódica, entretanto, é mais perceptível no caso das ondas sonoras.

O número de batimentos por segundo é dado pela diferença entre as frequências das duas ondas componentes:

$$f_{\text{bat}} = |f_1 - f_2|$$

O fenômeno dos batimentos é bastante utilizado por um músico ao fazer a afinação de um instrumento musical. Por exemplo, se a corda de um violão está afinada, e outra corda está um pouco desafinada, pode-se utilizar um afinador ou você pode tocar a mesma nota em duas cordas diferentes e ajustar até o batimento desaparecer.

No tópico 7, são apresentados o conceito e a classificação dos instrumentos musicais.

### **Tópico 7:** Instrumentos Musicais

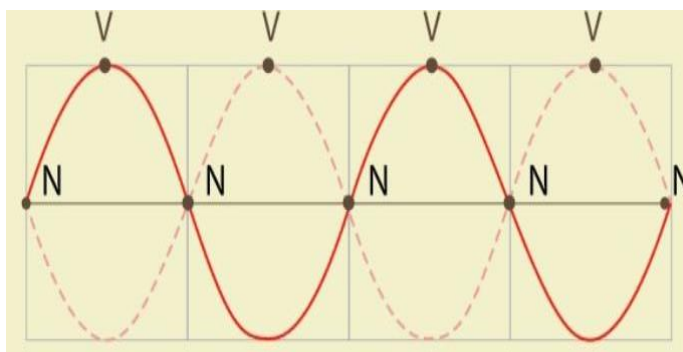
Segundo Sant'Anna et al (2010), os sons emitidos pelos instrumentos musicais podem ser produzidos por diversos mecanismos. Pela vibração das cordas, das membranas ou pela passagem do ar por tubos sonoros. Essas oscilações produzidas nos instrumentos estão relacionadas aos harmônicos, que são sons de frequências sonoras especiais e que são responsáveis por aumentar significativamente a intensidade das ondas sonoras produzidas nos instrumentos musicais.

#### a) Instrumentos de corda

De acordo com Sant'Anna et al (2010), a teoria sobre instrumentos musicais de corda tem como base o fenômeno das **ondas estacionárias**, formadas pela superposição de ondas incidentes e refletidas em uma corda. Por exemplo, quando

um músico toca um violão, surgem uma série de ondas transversais nas cordas que possuem as extremidades fixas. Essas ondas são emitidas e refletidas nas extremidades, superpõem-se às novas ondas incidentes, formando nós e ventres na corda, por interferência construtiva e destrutiva, conforme é representada na fig.27

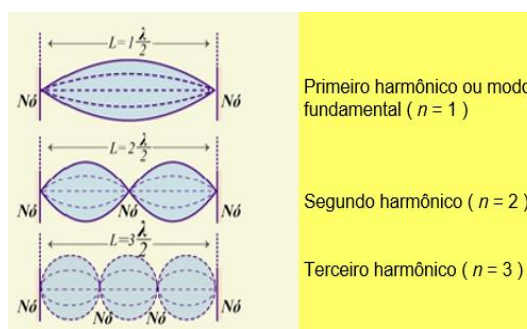
**Figura 27:** ondas estacionárias – padrões de interferência construtiva e destrutiva



**Fonte:** adaptada. Sears e Zemansky (2015)

Na figura 28, é representada o padrão de ondas estacionárias, produzidas em uma corda esticada. As imagens mostram os três primeiros modos de vibração da corda. Cada modo corresponde a uma frequência com que a corda vibra.

**Figura 28:** Modos de vibração



**Fonte:** próprio autor

A distância entre dois nós consecutivos é igual à metade do comprimento de onda, corresponde a meio comprimento de onda das ondas que sofrem superposição.

O modo mais simples de promover uma vibração em uma corda é chamado modo fundamental ou primeiro harmônico. Dessa forma temos que:

$$L = 1 \frac{\lambda}{2}$$

Sabendo-se que  $\lambda = 2L$  e, substituindo na expressão  $V = \lambda f$ , temos que a frequência fundamental ou primeiro harmônico ( $n=1$ ) pode ser dada por:

$$f = 1 \frac{V}{2L}$$

Para determinar a frequência de vibração correspondente a qualquer harmônico, basta utilizar a expressão:

$$f = n \frac{v}{2L}$$

Para  $n = 1, 2, 3, \dots$

$n$  representa a quantidade de meios comprimentos de onda; sendo  $V$  a velocidade de propagação das ondas na corda e  $L$  o comprimento da corda.

**Figura 29:** instrumentos musicais de corda



Fonte: próprio autor

#### b) Instrumentos de sopro

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos de sopro são, basicamente, tubos com uma extremidade aberta e a outra fechada ou as duas extremidades abertas. O princípio físico que permite a emissão de sons de várias frequências por esses instrumentos, fundamenta-se na formação de ondas estacionárias dentro dos tubos. Porém, essas ondas são diferentes das formadas nas cordas vibrantes. Ao soprar dentro do tubo, o músico introduz um jato de ar que provoca vibrações, que se propagam da coluna de ar ao interior do tubo. Essas vibrações são longitudinais, ao contrário das ondas nas cordas, que são transversais.

Na figura 30, são representados exemplos de instrumentos musicais de sopro (flauta, ocarina, gaita, flauta de pan e trompa).

**Figura 30:** instrumentos de sopro



Fonte: próprio autor

## Tubos sonoros

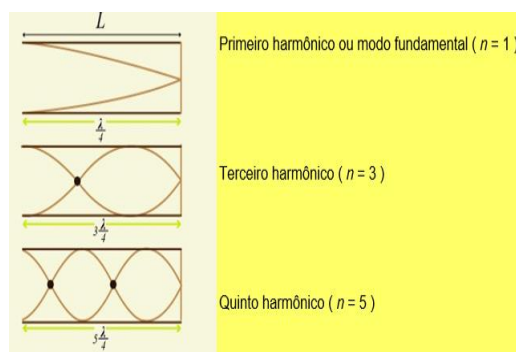
O tipo de onda estacionária que se forma depende do tipo de tubo que constitui o instrumento musical.

### Tubo sonoro fechado

De acordo com Sant'Ana et al (2010), em um tubo de extremidade fechada, forma-se um nó, pois o ar, próximo à parede, é impedido de vibrar livremente por ela. Na extremidade aberta acontece o contrário: o ar pode vibrar sem nenhuma restrição física, fazendo com que nessa posição do tubo existam condições para a formação de um ventre.

O esquema abaixo mostra os modos de vibração da coluna de ar no interior de um tubo sonoro fechado

**Figura 31:** Tubo sonoro fechado



**Fonte:** próprio autor

De acordo com a figura 31, a distância entre um ventre e um nó consecutivo equivale a um quarto do comprimento de onda, dessa forma, temos:

$$\left(\frac{\lambda}{4}\right)$$

Como a frequência de vibração é dada por  $f = \frac{v}{\lambda}$ , podemos estabelecer que, em um tubo fechado, as frequências naturais são múltiplos ímpares da relação  $\left(\frac{v}{4L}\right)$ , como se observa na seguinte equação:

$$f = n \frac{v}{4L}$$

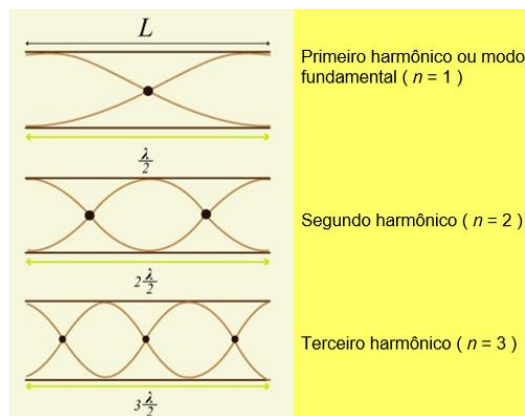
Para  $n = 1$  temos a frequência fundamental, para  $n = 3$  temos o terceiro harmônico, para  $n = 5$  temos o quinto harmônico etc. Lembramos que um tubo sonoro fechado não emite harmônico de ordem par.

### Tubo sonoro aberto

Os tubos sonoros abertos possuem as duas extremidades abertas, de forma que, quando o ar é soprado dentro do tubo, ondas estacionárias que se formam devem apresentar ventre em suas extremidades.

A figura 32 é representado os modos de vibração dos harmônicos produzidos em um tubo aberto.

**Figura 32: Tubo sonoro aberto**



**Fonte:** próprio autor

A distância entre dois ventres consecutivos é igual a meio comprimento de onda, ou seja,  $(\frac{\lambda}{2})$ , temos que a frequência é dada por  $f = \frac{v}{\lambda}$ . Na equação,  $v$  é a velocidade da onda dentro do tubo. Desta forma, podemos estabelecer que em um tubo aberto, as frequências naturais de vibração são dadas pela seguinte equação:

$$f = n \frac{v}{2L}$$

### c) Instrumentos de percussão

Sant'Ana et al (2010) esclarece que nos instrumentos de percussão, o som é obtido através de: impacto (percussão), agitação, ou raspagem, é feito o som, com ou sem o auxílio de baquetas.

Das formas de classificação de instrumentos musicais, esta é a menos precisa, devido a maior parte destes possuírem altura indeterminada. Esta categoria possui a maior parte dos instrumentos, que são utilizados primordialmente com função rítmica, como é o caso da maior parte dos tambores, o triângulo e os pratos.

**Figura 33:** instrumentos de percussão



**Fonte:** acervo do autor

#### d) Instrumentos de tecla

Um instrumento de teclas é qualquer instrumento musical que é tocado utilizando-se um teclado musical. O mais conhecido é o piano, que é utilizado em praticamente todas as formas da música ocidental. Outros instrumentos de teclado amplamente utilizados incluem o órgão (instrumento de sopro já que o seu som é produzido pela passagem de ar pelos tubos, o ar passa pelos tubos através da pressão feita nas teclas e nos pedais, o ar é direcionado para o tubo da nota desejada), instrumentos mecânicos, eletromecânicos e eletrônicos Sant'Ana et al (2010).

**Figura 34:** Instrumentos de tecla



**Fonte:** próprio autor

No tópico 8 é apresentado um questionário contendo 20 (vinte) questões que relacionam conceitos e características das ondas, natureza das ondas, tipos de onda, fenômenos ondulatórios, ondas periódicas, ondas sonoras, e instrumentos musicais.

**Tópico 8: Questionário****QUESTÕES**

01) A propagação de ondas em meios não dispersivos envolve necessariamente:

- a) movimento de matéria
- b) produção de energia
- c) consumo de energia
- d) transporte de energia
- e) transporte de energia e matéria

02) Na propagação de uma onda, há necessariamente, transporte de:

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento
- d) massa e partículas
- e) partículas e vibrações

03) Ondas mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:

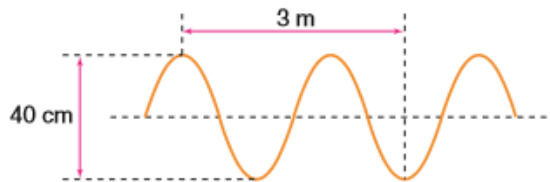
- a) não se movem
- b) movem-se numa direção perpendicular à direção de propagação da onda
- c) movem-se numa direção paralela à direção de propagação da onda
- d) realizam movimento cuja trajetória é senoidal
- e) realizam movimento retilíneo uniforme

04) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de

- a) tem fases opostas
- b) serem ambas audíveis
- c) serem de mesma amplitude
- d) terem frequências próximas
- e) terem intensidades inversas

05) A figura abaixo mostra um trecho de uma onda que se propaga em um fio esticado. A fonte que gera a onda opera com frequência de 30 Hz. A amplitude e o comprimento de onda que se propaga no fio vale respectivamente:

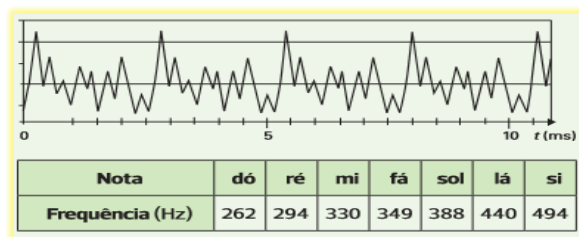


- a) 10 cm e 2 m      b) 20 cm e 3 m      c) 20 cm e 2 m      d) 40 cm e 2 m  
e) 40 cm e 3 m

06) Em respeito à formação de harmônicos em tubos sonoros abertos e fechados, assinale a alternativa correta:

- a) nos tubos sonoros abertos, as frequências dos harmônicos são dadas apenas por múltiplos pares da frequência fundamental.  
b) em tubos sonoros fechados, as frequências dos harmônicos são dadas por múltiplos inteiros e ímpares da frequência fundamental.  
c) a ordem dos harmônicos em tubo sonoro aberto é dada pelo número de quartos de comprimento de onda formados em seu interior.  
d) a ordem do harmônico em tubo sonoro fechado é dada pelo número de meios comprimentos de onda formados em seu interior.  
e) n.d.a

07) (Fuvest-SP) Um estudo de sons emitidos por instrumentos musicais foi realizado usando um microfone ligado a um computador. O gráfico abaixo, reproduzido da tela do monitor, registra o movimento do ar captado pelo microfone, em função do tempo, medido em milissegundos, quando se toca uma nota musical em um violino.









- a) comprimento de onda e frequência
- b) amplitude e comprimento de onda
- c) amplitude e frequência
- d) frequência e comprimento de onda
- e) frequência e amplitude

14) Som mais agudo é som de:

- a) maior intensidade
- b) menor intensidade
- c) menor frequência
- d) maior frequência
- e) maior velocidade de propagação

15) (UFMG) Uma pessoa toca no piano uma tecla correspondente à nota mi e, em seguida, a que corresponde a sol. Pode-se afirmar que serão ouvidos dois sons diferentes porque as ondas sonoras correspondentes a essas notas têm:

- a) amplitudes diferentes
- b) frequências diferentes
- c) intensidades diferentes
- d) timbres diferentes
- e) velocidade de propagação diferentes

16. (UEL 2009) Os morcegos, mesmo no escuro, podem voar sem colidir com os objetos a sua frente. Isso porque esses animais têm a capacidade de emitir ondas sonoras com frequências elevadas, da ordem de 120.000 Hz, usando o eco para se guiar e caçar. Por exemplo, a onda sonora emitida por um morcego, após ser refletida por um inseto, volta para ele, possibilitando-lhe a localização do mesmo. Sobre a propagação de ondas sonoras, pode-se afirmar que:

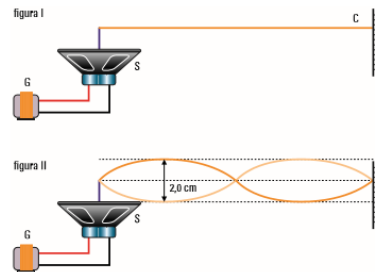
- a) o som é uma onda mecânica do tipo transversal que necessita de um meio material para se propagar.
- b) o som também pode se propagar no vácuo, da mesma forma que as ondas eletromagnéticas.
- c) a velocidade de propagação do som nos materiais sólidos em geral é menor do que a velocidade de propagação do som nos gases.

- d) a velocidade de propagação do som nos gases independe da temperatura destes.  
 e) o som é uma onda mecânica do tipo longitudinal que necessita de um meio material para se propagar.

17. (UECE) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone, e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento  
 b) às diferentes intensidades das ondas sonoras  
 c) às diferentes frequências sonoras produzidas  
 d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais

18. (Uerj) Um alto-falante (S), ligado a um gerador de tensão senoidal (G), é utilizado como um vibrador que faz oscilar, com frequência constante, uma das extremidades de uma corda (C). Esta tem comprimento de 180 cm e sua outra extremidade é fixa, segundo a figura I. Num dado instante, o perfil da corda vibrante apresenta-se como mostra a figura II.



Nesse caso, a onda estabelecida na corda possui amplitude e comprimento de onda, em centímetros, iguais a, respectivamente:

- a) 2,0 e 90.  
 b) 2,0 e 180.  
 c) 1,0 e 90.  
 d) 1,0 e 180  
 e) 2,0 e 220

19) (PUCC-SP) Uma proveta graduada tem 40,0 cm de altura e está com água no nível de 10,0 cm de altura. Um diapasão de frequência 855 Hz vibrando próximo à



01) A respeito das características das ondas, marque a alternativa errada.

- Ondas sonoras e ondas sísmicas são exemplos de ondas mecânicas
- As ondas eletromagnéticas resultam da combinação de um campo elétrico com um campo magnético
- A descrição das ondas eletromagnéticas é feita por meio das equações de Maxwell
- Quanto à direção de propagação, as ondas geradas em um lago pela queda de uma pedra na água são classificadas como tridimensionais.

02) (IFGO) As ondas são formas de transferência de energia de uma região para outra. Existem ondas mecânicas – que precisam de meios materiais para se propagarem – e ondas eletromagnéticas – que podem se propagar tanto no vácuo como em alguns meios materiais. Sobre ondas, podemos afirmar corretamente que:

- A energia transferida por uma onda eletromagnética é diretamente proporcional à frequência dessa onda.
- O som é uma espécie de onda eletromagnética e, por isso, pode ser transmitido de uma antena à outra, como ocorre nas transmissões de TV e rádio.
- A luz visível é uma onda mecânica que somente se propaga de forma transversal.
- Existem ondas eletromagnéticas que são visíveis aos olhos humanos, como o ultravioleta, o infravermelho e as micro-ondas.

03) A velocidade de propagação do som é mais veloz:

- Nos sólidos
- Nos líquidos
- Nos gases
- No vácuo

04) A respeito da classificação das ondas, marque a alternativa **incorreta**:

- As ondas classificadas como longitudinais possuem vibração paralela à propagação. Um exemplo desse tipo de onda é o som.
- O som é uma onda mecânica, longitudinal e tridimensional.
- A frequência representa o número de ondas geradas dentro de um intervalo de tempo específico. A unidade Hz (Hertz) significa ondas geradas por segundo.

- Quanto à sua natureza, as ondas podem ser classificadas em mecânicas, eletromagnéticas, transversais e longitudinais.

05) Uma determinada fonte gera ondas com frequência de 60 Hz com um comprimento de onda igual a 10 m. Determine a velocidade de propagação dessas ondas.

- 500 m/s
- 360 m/s
- 600 m/s
- 60 m/s

06) (UFPE) Diante de uma grande parede vertical, um garoto bate palmas e recebe o eco um segundo depois. Se a velocidade do som no ar é 340 m/s, o garoto pode concluir que a parede está situada a uma distância aproximada de:

- 34 m
- 68 m
- 170 m
- 340 m

07) Em viagens de avião, é solicitado aos passageiros o desligamento de todos os aparelhos cujo funcionamento envolva a emissão ou a recepção de ondas eletromagnéticas. O procedimento é utilizado para eliminar fontes de radiação que possam interferir nas comunicações via rádio dos pilotos com a torre de controle.

A propriedade das ondas emitidas que justifica o procedimento adotado é o fato de :

- Terem fases opostas
- Serem ambas audíveis
- Serem de mesma amplitude
- Terem frequências próximas

08) Quando uma vibração externa, com frequência próxima ou igual à frequência natural de vibração de um sistema é emitida na direção deste, o sistema absorve fortemente a energia dessa onda, aumentando a amplitude de suas vibrações. O texto refere-se ao fenômeno da :

- Ressonância
- Polarização
- Refração
- Difração

09) (UFPI) Um alto-falante emite som de frequência constante igual a 55 Hz, próximo de dois tubos sonoros: um aberto e outro fechado. A velocidade de propagação do som em ambos os tubos é de 330 m/s. Se o som do alto-falante ressoa nesses tubos, seus comprimentos mínimos são, respectivamente:

- 4 m e 2 m.
- 3 m e 1,5 m
- 6 m e 3 m
- 5 m e 2,5 m

10) O aparelho auditivo, considerado no seu conjunto uma “caixa-preta”, que detecta um sinal sonoro no ar e o transmite ao cérebro, tem como grandezas de entrada e saída:

- Variação de pressão — impulsos elétricos
- Variação de pressão — compressão e distensão de moléculas
- Variação de velocidade de moléculas — concentração iônica nas células
- Variação de velocidade — impulsos elétricos

11) Mariana pode ouvir sons na faixa de frequências de 20 Hz a 20 KHz. Suponha que, próximo a ela, um morcego emite um som de 40 kHz. Assim sendo, Mariana não ouve o som emitido pelo morcego, porque esse som tem:

- Um comprimento de onda maior que o daquele que ela consegue ouvir.
- Um comprimento de onda menor que o daquele que ela consegue ouvir.
- Uma velocidade de propagação maior que a daquele que ela consegue ouvir.
- A velocidade de propagação menor que a daquele que ela consegue ouvir.

12) Quando uma onda sonora atinge uma região em que a temperatura do ar é diferente, muda:

- A frequência
- O timbre



- A altura
- O comprimento de onda

13) (UFRGS-RS) Em uma onda sonora estacionária, no ar, a separação entre um nodo e o ventre mais próximo é de 0,19 m. Considerando-se a velocidade do som no ar igual a 334 m/s, qual é o valor aproximado da frequência dessa onda?

- 1760 Hz
- 880 Hz
- 440 Hz
- 334 Hz

14) (Fac. Cultura Inglesa - SP) A cuíca é um instrumento musical, semelhante a um tambor, com uma haste de madeira presa no centro de uma membrana de couro, pelo lado interno. Friccionando a haste com um pedaço de tecido molhado e pressionando a parte externa da cuíca com o dedo, produz-se uma onda sonora de ronco característico. Quando essa onda sonora se propaga,

- .Aumenta a sua frequência
- Há propagação de energia.
- Sua amplitude aumenta.
- Há transporte de matéria.

15) Marque a alternativa correta a respeito das características das ondas sonoras.

- Quanto menor for a densidade de um meio, maior será a velocidade do som, por isso as ondas sonoras propagam-se com maior velocidade no ar do que na água.
- A altura é a qualidade do som relacionada à energia emitida pela fonte sonora.
- O aparelho auditivo humano é capaz de captar apenas um intervalo específico de frequências sonoras.
- Podemos diferenciar os sons de instrumentos musicais distintos, porque cada um produz som em uma frequência característica.

16) Quando aumentamos o volume do som do nosso rádio a grandeza física que estamos aumentando é o (a):

- Velocidade de propagação
- Amplitude
- Frequência
- Comprimento de onda

17) Considere as seguintes afirmações relacionadas com o som:

I. a onda sonora é uma onda transversal que se propaga no vácuo com uma velocidade menor do que a da luz.

II. um som é tanto mais agudo quanto maior for a frequência da onda sonora correspondente àquele som.

III. quando uma onda sonora passa do ar para a água, não há modificação em seu comprimento de onda.

Pode-se concluir que:

- Apenas a afirmativa I é correta
- Apenas a afirmativa II está correta
- Apenas a afirmativa III é correta
- As afirmativas I, II e III estão corretas

18) Assinale a alternativa que preenche corretamente as lacunas do parágrafo abaixo.

Cada modo de vibração de oscilação da onda estacionária que se forma em uma corda esticada pode ser considerado o resultado da \_\_\_\_\_ de duas ondas senoidais idênticas que se propagam \_\_\_\_\_.

- Interferência – em sentidos opostos
- Interferência – no mesmo sentido
- Polarização – no mesmo sentido
- Dispersão – no mesmo sentido

19) Uma pessoa é capaz de ouvir a voz de outra pessoa situada atrás de um muro, mas não pode vê-la. Isto se deve ao fenômeno do (a) :

- Polarização
- Difração
- Interferência
- Reforço

20) As seis cordas de um violão têm espessuras diferentes e emitem sons que são percebidos pelo ouvido humano de forma diferente. No entanto, com boa aproximação, pode-se afirmar que todas elas emitem ondas sonoras que, no ar, tem:

- A mesma altura
- A mesma frequência
- A mesma intensidade
- A mesma velocidade

21) Quando uma onda se propaga de um local para outro, necessariamente ocorre:

- Transporte de energia.
- Transformação de energia.
- Produção de energia.
- Transporte de matéria e energia.

22) (Unesp-SP) Uma das características que diferem ondas transversais de ondas longitudinais é que apenas as ondas transversais podem ser:

- Polarizadas.
- Espalhadas.
- Refletidas
- Refratadas

23) Qual das ondas a seguir não se propaga no vácuo?

- Ondas de rádio.
- Micro-ondas.
- Ondas de sonar
- Ondas de calor

24) Das ondas citadas a seguir, qual delas não é onda eletromagnética?

- Infravermelho.
- Ultrassom
- Ondas luminosas
- Ondas de rádio

25) Analise as afirmações a seguir:

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes

III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III respectivamente.

- Amplitude, comprimento de onda e frequência.
- Frequência, comprimento de onda e amplitude
- Timbre, amplitude e frequência
- Comprimento de onda, timbre e frequência

26) Ao ouvir uma flauta e um piano emitindo a mesma nota musical, consegue-se diferenciar esses instrumentos um do outro. Essa diferença se deve principalmente ao (à):

- Intensidade sonora do som de cada instrumento musical.
- Potência sonora do som emitido pelos diferentes instrumentos
- Timbre do som, que faz com que os formatos das ondas de cada instrumento sejam diferentes.
- Diferente velocidade de propagação do som emitido por cada instrumento musical

27) Julgue as afirmações a seguir: I. Todo som alto tem grande intensidade. II. Sons baixos são aqueles que têm pequena intensidade. III. Quanto maior a frequência de um som, mais alto ele é. IV. A diferença entre um som forte e um som fraco está na frequência.

É (São) correta(s):

- Somente a I e a II
- Somente a III e a IV
- Somente a III
- Somente a I, a II e a IV

28) Carro velho é uma usina de sons. Dependendo da frequência de giro do motor, diferentes partes entram em vibração, acompanhando a vibração gerada por sua rotação. O fenômeno físico associado a essa observação é:

- Eco
- Dispersão
- Refração
- Ressonância

29) As ondas estacionárias resultam de fenômenos de:

- Difração e interferência
- Reflexão e refração
- Difração e reflexão
- Reflexão e interferência

30) Alguns softwares permitem manipular certos harmônicos componentes da voz humana, intensificando-os, atenuando-os ou até mesmo suprimindo-os, modificando substancialmente o som percebido por um ouvinte para uma determinada voz. Surgem com essas manipulações aquelas vozes de “robôs”, de “monstros”, de seres “extraterrestres” etc., tão comuns no cinema. A principal qualidade que se altera na voz é:

- A altura
- O timbre
- A intensidade
- O nível sonoro

No tópico 10, são apresentados alguns links, que trazem informações relevantes sobre curiosidades na área de Física Acústica e os instrumentos musicais.

O acesso ao conteúdo do aplicativo e o osciloscópio é feito tanto online quanto offline, já os links que tratam sobre curiosidades em relação a área de Física acústica e os instrumentos musicais precisa de acesso à Internet.

### **Tópico 10:** Links e Curiosidades sobre Física Acústica

Abaixo estão os links que precisam de acesso à internet.

a) Fones de ouvido contribuem para a perda da audição em jovens

<https://veja.abril.com.br/saude/fores-de-ouvido-contribuem-para-a-perda-da-audicao-em-jovens/>

b) Para que serve um osciloscópio

<https://www.google.com/amp/s/www.terra.com.br/amp/noticias/dino/afinal-para-que-serve-um-osciloscopio,7f4cd02625fd363b42dab1af60025d52t9j0rev7.html>

c) Ondas sonoras - a: Timbre, altura e intensidade

<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras--a-timbre-altura-e-intensidade.htm>

d) Instrumento musical e a importância para o cérebro

<https://revistaeducacao.com.br/2019/01/29/instrumento-musical-cerebro/>

e) Física e música: curiosidades

<https://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/fisica-musica-curiosidades.htm>

f) Física dos instrumentos musicais (20 h)

<https://www.youtube.com/watch?v=q6Uoyw5ZKNs>

g) Física + Física do Violão - Acústica – ENEM

<https://youtu.be/nuUWaoA0-YU>

h) Ondas

[https://www.colegiosvicentinos.com.br/conteudo/anexos/anexo\\_000213/Ondas13141516.pdf](https://www.colegiosvicentinos.com.br/conteudo/anexos/anexo_000213/Ondas13141516.pdf)

i) Introdução à acústica – estudo do som

<https://youtu.be/RFX0fEJokxo>

j) Superposição de Oscilações | Experimentos - Ressonância e batimento em diapasões

[https://youtu.be/bmh7NseTF\\_w](https://youtu.be/bmh7NseTF_w)

l) Interferências | Experimentos - Cuba de ondas: interferência de ondas

<https://youtu.be/AG5HYoHojgc>

m) Superposição de Oscilações | Experimentos - Superposição de oscilações

<https://youtu.be/r-kCHtiCCxw>

n) Teste de Audição Divertido: Você é um Super Humano?

[https://youtu.be/KszGV\\_UfBXw](https://youtu.be/KszGV_UfBXw)

o) Ondas numa Corda | Experimentos - Mola Slinky ondas transversais estacionárias

[https://youtu.be/0EFK\\_vZTpio](https://youtu.be/0EFK_vZTpio)

### 3.2 Osciloscópio

O osciloscópio presente no aplicativo Física Acústica Fácil tem a função de capturar e reconhecer algumas características física (frequência, comprimento de onda, amplitude, forma de onda) dos sons emitidos pelos instrumentos musicais.

O osciloscópio pode ser utilizado como ferramenta de ensino na medição das ondas sonoras. Ele permite a observação das formas de onda emitidos por instrumentos musicais e até pela voz humana. Possibilita a medida da velocidade do som. Permite, aos alunos e professores, um aprofundamento de muitos conceitos estudados na Física Acústica, mediados pelos instrumentos musicais.

O osciloscópio apresenta o seguintes recursos funcionais:

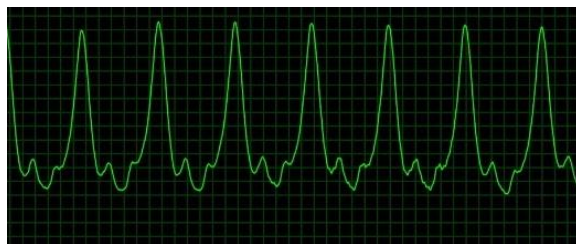
- Captura o áudio do microfone do aparelho;
- Transforma o áudio captado em gráfico na forma de ondas;
- Mostra a frequência e a amplitude;
- Mostra uma lista de documentos previamente cadastrados e exibir o texto completo com fotos ao clicar no ícone da listagem.

As tecnologias utilizadas para o desenvolvimento do aplicativo foram: Android Java e Backend Stripe no Heroku.

O acesso ao osciloscópio, aos conteúdos, aos questionário e o Quiz é feita de forma off-line, ou seja, não necessita de Internet. Somente o acesso aos links é online.

A título de ilustração, no print é mostrado o comportamento gráfico do timbre da nota musical Mi (aguda) de um violão, em função do período de oscilação, captada pelo osciloscópio.

**Print 1:** Forma de onda da nota mi (aguda) de um violão



**Fonte:** próprio autor

No print 2, é mostrado o comportamento gráfico do timbre da nota musical Si, de um violão, em função do período de oscilação, captada pelo osciloscópio.

**Print 2:** Forma de onda da nota Si de um violão

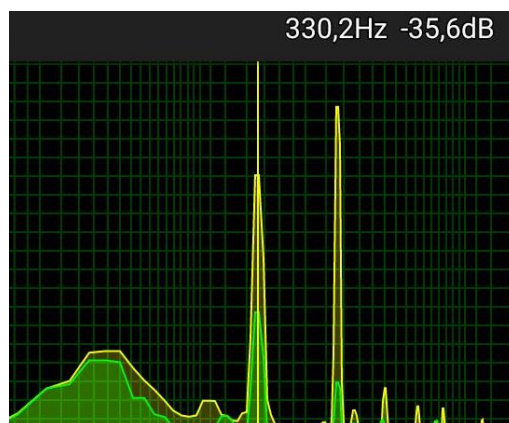


**Fonte:** próprio autor

Ao comparar os prints 1 e 2, observa-se que o timbre de cada nota musical (Mi e Si), emitidas pela fonte e capturadas pelo osciloscópio, apresentam comportamentos distintos, em termos de frequência, comprimento de onda e amplitude. A nota Mi (aguda) apresenta menor comprimento e maior frequência, quando comparada com a nota Si. Entretanto, a nota Si apresenta maior comprimento de onda e menor frequência em relação a nota Mi.

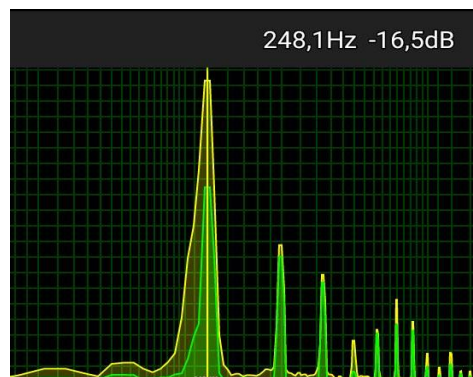
Nos print 3 e 4, são representados o espectro sonoro produzido ao tocar as notas Mi e Si no violão separadamente. O osciloscópio capturou a frequência de oscilação da nota Mi, correspondente a 320,2Hz e o da nota Si, correspondente a 248,1Hz. Percebe-se que o comportamento do espectro sonoro, frequência, comprimento de onda, amplitude e timbre das duas notas (mi e Si) são diferentes.

Print 4: Espectro sonoro da nota mi (aguda) de um violão



**Fonte:** próprio autor

Print 5: Espectro sonoro da nota Si de um violão



**Fonte:** próprio autor



Se o experimento for repetido para as outras cordas, obtêm-se padrões de comportamento gráfico, frequência, amplitude, comprimento de onda e timbres diferentes.

O osciloscópio permite fazer uma análise física do som produzido por diversos instrumentos musicais, tais como: violão, flauta, violino, gaita, xilofone, escaleta, sanfona, entre outros.

Devido a sua funcionalidade prática, torna-se um excelente recurso tecnológico e didático à disposição do aluno, para aprofundar os conhecimentos teóricos e práticos na área de Física Acústica, mediados com o uso de instrumentos musicais.

Conforme as palavras de Ferro e Paixão (2015), é um recurso potencialmente significativo e que apresenta a propriedade de ser relacionável à estrutura de conhecimento do estudante, propiciando novas ideias, que sirvam como âncoras (subsunçores) ao conhecimento do aluno.

De acordo com Paixão e Ferro (2015), o conceito central da teoria de Ausubel “é o de aprendizagem significativa, que pode ser entendida como um processo em que novas informações ou novos conhecimentos interagem com um aspecto existente na estrutura cognitiva do aluno”.

A teoria da Aprendizagem Significativa leva em conta aquilo que o aluno já sabe, sendo de fundamental importância para o seu próprio crescimento intelectual – o conhecimento prévio do sujeito. Nesse processo a nova informação interage com a nova estrutura de conhecimento específica, existente na estrutura cognitiva de quem aprende - “subsunçor”.

Importante destacar que o aplicativo, como recurso didático, tem como finalidade possibilitar que o novo conteúdo seja incorporado à estrutura de conhecimento do aluno e que ele possa aprendê-lo e relacioná-lo à estrutura de conhecimento prévio existente. Os novos conteúdos e conhecimentos que serão repassados aos alunos, aliados a aquilo que ele já sabe, funcionarão como âncora, para que o aluno amplie os seus próprios conhecimentos.

Com o aplicativo, os alunos terão a oportunidade de acesso aos conceitos relevantes que envolvem a área de Física Acústica. Trata-se de um recurso didático (material) potencialmente significativo e que permitirá, aos alunos, aprofundarem e explorarem conceitos relacionados às ondas, aos diversos fenômenos ondulatórios, às principais características e propriedades das ondas, bem como, aprofundamento dos conceitos relacionados às ondas sonoras, qualidades fisiológicas do som e timbre

dos instrumentos musicais, além de contar com uma ferramenta (osciloscópio) potencialmente significativa para aprendizado de ondas sonoras.

### 3.3 Conhecendo o aplicativo

Esta seção tem como objetivo orientar os usuários acerca da utilização deste aplicativo, a fim de facilitar e tornar mais ágil seu manuseio.

No print 6 é apresentado o logo do aplicativo desenvolvido como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

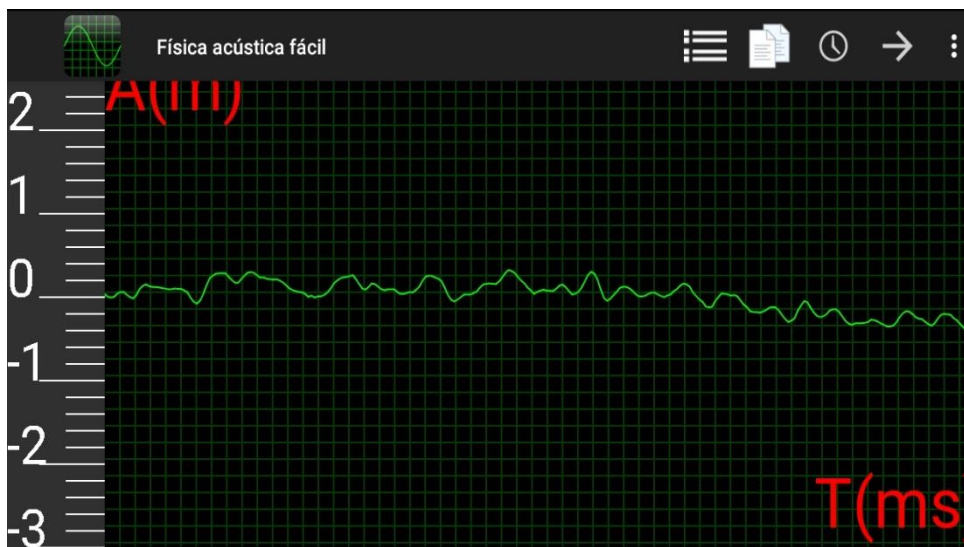
**Print 6:** Logo do aplicativo Física Acústica Fácil



Fonte: acervo do autor

No print 7 é apresentada a tela com os menus, onde estão distribuídos os tópicos do aplicativo desenvolvido como produto educacional no Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física.

**Print 7:** Tela com os menus do aplicativo Física Acústica Fácil



Fonte: acervo do autor

Abaixo estão representados os menus do aplicativo:

 Oscil...     : Menus de acesso do aplicativo

 : Conteúdos de Física acústica

 : Período de oscilação do osciloscópio

 : Espectro sonoro do osciloscópio, referências e informações sobre o aplicativo

 : Quiz

No print 8, é apresentado o menu de acesso ao conteúdo do aplicativo.

**Print 8:** Conteúdo do aplicativo

← Documentos	
1	CONCEITOS FUNDAMENTAIS
2	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS
3	ONDAS PERIÓDICAS
4	FÍSICA ACÚSTICA
5	O OUVIDO HUMANO
6	FENÔMENOS ONDULATÓRIOS – ONDAS SONORAS
7	INSTRUMENTOS MUSICAIS
8	QUESTIONÁRIO
9	LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA ACÚSTICA

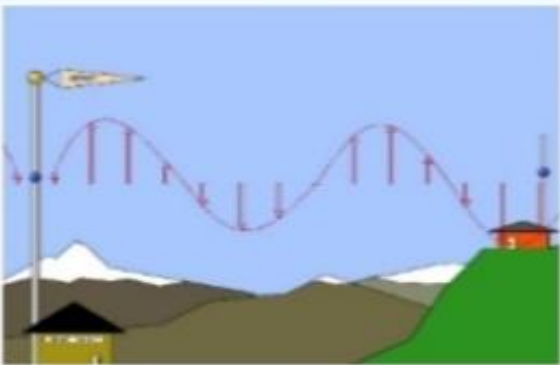
**Fonte:** próprio autor

No print 9, é apresentado o menu que trata sobre os conceitos fundamentais de onda.

## Print 9: Conceitos Fundamentais de Física Acústica

←
CONCEITOS FUNDAMENTAIS

**Figura 2:** Propagação das ondas eletromagnéticas em uma estação de rádio




Fonte: PhET Interactive Simulations

As ondas eletromagnéticas apresentam o que chamamos de espectro eletromagnético - distribuição de ondas eletromagnéticas, visíveis e não visíveis. A distribuição dessas ondas na região do espectro, depende de padrões de referência físicas como a frequência e o comprimento de onda (KNIGHT, 2009).

A figura 3 a seguir ilustra o espectro eletromagnético de diversas ondas eletromagnéticas que se propagam em determinado meio (vácuo) com velocidade de 300.000 km/s.

**Figura 3:** Espectro eletromagnético



Fonte: acervo do autor (2020)

O espectro eletromagnético das ondas eletromagnéticas estão organizados em faixas de frequências ( $f$ ) e comprimentos de onda ( $\lambda$ ).

O quadro 1, representado abaixo, destaca a faixa de frequências do espectro eletromagnético.

**Fonte:** próprio autor

No print 10, é apresentado o menu que destaca os principais fenômenos ondulatórios.

**Print 10:** Fenômenos ondulatórios**FENÔMENOS ONDULATÓRIOS**

Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes:

**a) Reflexão**

Ocorre quando uma onda atinge uma região que separa dois meios e retorna ao meio original. Durante a propagação da onda, não ocorrem alterações na velocidade de propagação, frequência e comprimento de onda (GASPAR, 2017)

Na figura 5 abaixo representada, a superfície da água funciona como um espelho, refletindo a imagem dos barcos que estão ancorados no porto.

**Figura 5:** Reflexão da luz



**Fonte:** próprio autor

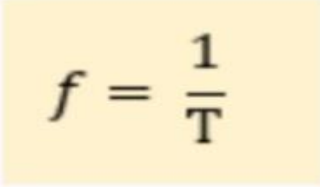
No print 11, é apresentado o menu que trata sobre as ondas periódicas

**Print 11** : Ondas periódicas

←
ONDAS PERIÓDICAS

Unidade no SI: segundo (s)

Para uma oscilação, ou seja,  $N = 1$ , a expressão pode ser simplificada da seguinte forma:



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

No Sistema Internacional de Medidas a unidade de frequência é dada em Hertz (Hz).

O comprimento de onda ( $\lambda$ ) corresponde ao comprimento de uma onda completa ou à distância entre duas cristas ou dois vales adjacentes (PIETROCOLA, 2010).

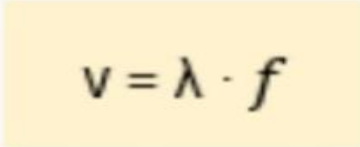
Unidade no SI: metro (m)

Segundo Válio et al (2016), a amplitude (A) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio. Os pontos mais altos são chamados de cristas (C) e os pontos mais baixos de vales (V).

Unidade no SI: metro (m)

A figura abaixo 14 representa o esquema de uma onda periódica (transversal). Nela estão representados a crista (C), vale (V), comprimento de onda ( $\lambda$ ), amplitude (A) e a velocidade de propagação da onda ( $v$ ).

A velocidade de propagação ( $v$ ) de uma onda em um dado meio é constante e seu valor depende das características do meio. Dessa forma, podemos descrever a velocidade de propagação de uma onda através da seguinte expressão:



$$v = \lambda \cdot f$$

**Fonte:** próprio autor

No print 12, é apresentado o menu que trata sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica.

**Print 12:** Física Acústica

←


## FÍSICA ACÚSTICA

De acordo com Alvarenga (2012), os fenômenos sonoros estão relacionados as vibrações dos corpos materiais, ou seja, todas as vezes que escutamos um som, há um corpo material que vibra e produz este som.

As ondas sonoras são ondas mecânicas, pois somente se propagam através de um meio material elástico e deformável. Logo, ao contrário da luz ou de qualquer onda eletromagnética, as ondas sonoras não se propagam no vácuo (ALVARENGA, 2012)

Segundo Halliday e Resnick (2016), as ondas sonoras são conhecidas como ondas de pressão. Na figura 15, por exemplo a vibração da membrana produz alternadamente compressões e rarefações do ar, ou seja, variações da pressão que se propaga através do meio.

**Figura 15:** Tambor eletroacústico

A photograph showing a man with a beard and short dark hair, wearing a blue t-shirt with a white graphic, playing a set of electronic drums. He is positioned behind two large, light-colored drum heads on a stand. The background is a simple indoor setting with a white wall and some equipment.

**Fonte:** próprio autor



No print 13, é apresentado o menu mecanismo de funcionamento e captação de som pelo ouvido humano

**Print 13:** O ouvido humano

←

## O OUVIDO HUMANO

De acordo com GARCIA ( 2013 ), o aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. Essa energia é, então, enviada ao cérebro através de impulsos elétricos que se propagam pelas terminações nervosas, provocando a sensação auditiva.

Para entender como ocorre a sensação auditiva, é importante que o ouvido humano é dividido em três partes: ouvido externo, constituído pela orelha, pelo canal auditivo e pela membrana timpânica, ou tímpano; ouvido médio, onde se localizam três pequenos ossos, que são o martelo, a bigorna e o estribo; ouvido interno, conhecido como labirinto, constituído por uma série de câmaras contendo fluidos, local onde ocorre a conversão de energia de vibração da onda sonora em energia elétrica. A onda sonora, ao atingir a orelha, converge para o canal auditivo e incide sobre o tímpano que passa a vibrar em resposta às variações de pressão do ar. As vibrações mecânicas do tímpano são transmitidas, então, até a janela oval, no ouvido interno, pelos três ossículos. Esse sistema fornece uma vantagem mecânica, possibilitando a amplificação da vibração captada pelo tímpano (TORRES et al, 2013).

A figura 18 representa os elementos que constituem o ouvido humano. Observe que a figura mostra o percurso das ondas sonoras até chegar ao ouvido e o trajeto ao longo do canal auditivo.

**Figura 18:** elementos do ouvido humano

O diagrama mostra uma seção transversal do ouvido humano. À esquerda, ondas sonoras (representadas por linhas azuis) entram pelo canal auditivo. O canal auditivo termina na membrana timpânica (tímpano). Atrás do tímpano, os ossos martelo, bigorna e estribo transmitem as vibrações. O estribo está conectado à janela oval da cóclea. O canal da orelha interna e o nervo auditivo também são mostrados. O tubo auditivo é visível na base do ouvido.

**Fonte:** próprio autor

No print 14, é apresentado o menu que aborda os principais fenômenos ondulatórios que estão presentes na propagação das ondas sonoras.

**Print 14:** Fenômenos ondulatórios – Ondas sonoras



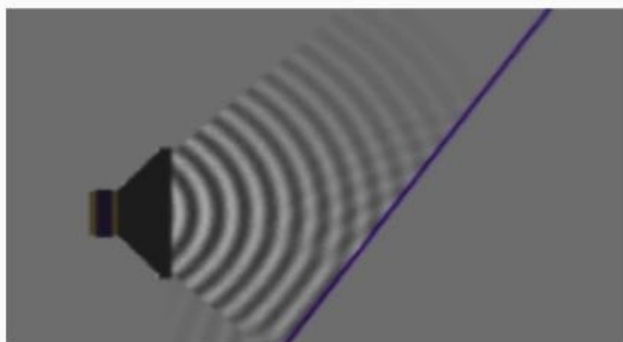
Entre os diversos fenômenos ondulatórios que podem ocorrer com as ondas sonoras, destacam-se os seguintes: reflexão, refração, difração, interferência, ressonância e batimentos.

**a) Reflexão do som**

Yamamoto e Fuke (2017) informam que o menor intervalo de tempo para que dois sons não se separem no cérebro é em torno de 0,1 s (persistência acústica). A reflexão do som ocorre em três níveis: eco reforço e reverberação. O eco é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \geq 0,1$  s. Nele, o observador ouve separadamente o som direto e o som refletido; a reverberação é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t < 0,1$  s. Isso significa que o observador ouve o som refletido quando o direto está se extinguindo; o reforço é um fenômeno que ocorre quando  $\Delta t \approx 0$  s. Dessa forma, o observador ouve o som direto junto com o som refletido. Há somente aumento da intensidade sonora.

A figura 19 representa o som refletido em um obstáculo. Observe que a onda sonora produzida pela fonte vibrante ao atingir uma barreira sofre reflexão.

**Figura 19:** Reflexão do som em um obstáculo



Fonte: PhET Interactive Simulations

**Fonte:** próprio autor

No print 15, são abordados os conceitos, os mecanismo de produção e funcionamento dos instrumentos musicais.

### Print 15: Instrumentos Musicais



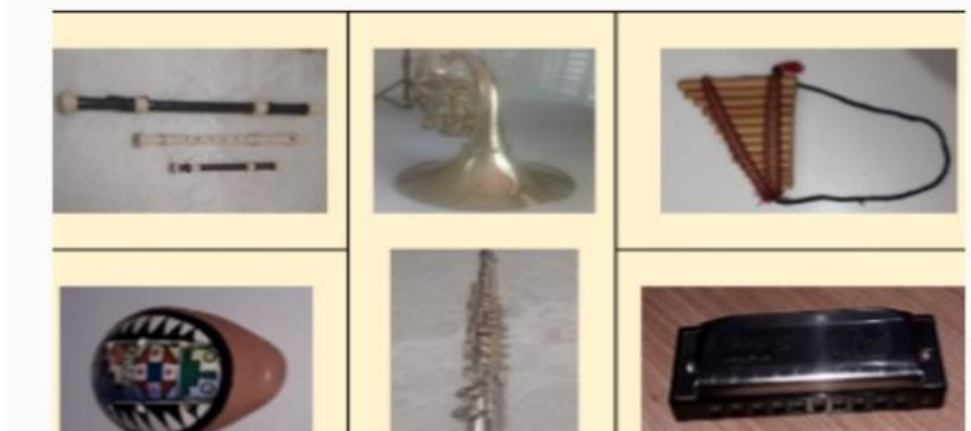
Fonte: acervo do autor

#### b) Instrumentos de sopro

De acordo com Sant'Anna et al (2010), os instrumentos de sopro são basicamente tubos com uma extremidade aberta e a outra fechada ou as duas extremidades abertas. O princípio físico que permite a emissão de sons de várias frequências por esses instrumentos, fundamenta-se na formação de ondas estacionárias dentro dos tubos. Porém, essas ondas são diferentes das formadas nas cordas vibrantes. Ao soprar dentro do tubo, o músico introduz um jato de ar que provoca vibrações que se propagam da coluna de ar ao interior do tubo. Essas vibrações são longitudinais, ao contrário das ondas nas cordas que são transversais.

A figura 30 representa exemplos de instrumentos musicais de sopro (flauta, ocarina, gaita, flauta de pã e trompa)

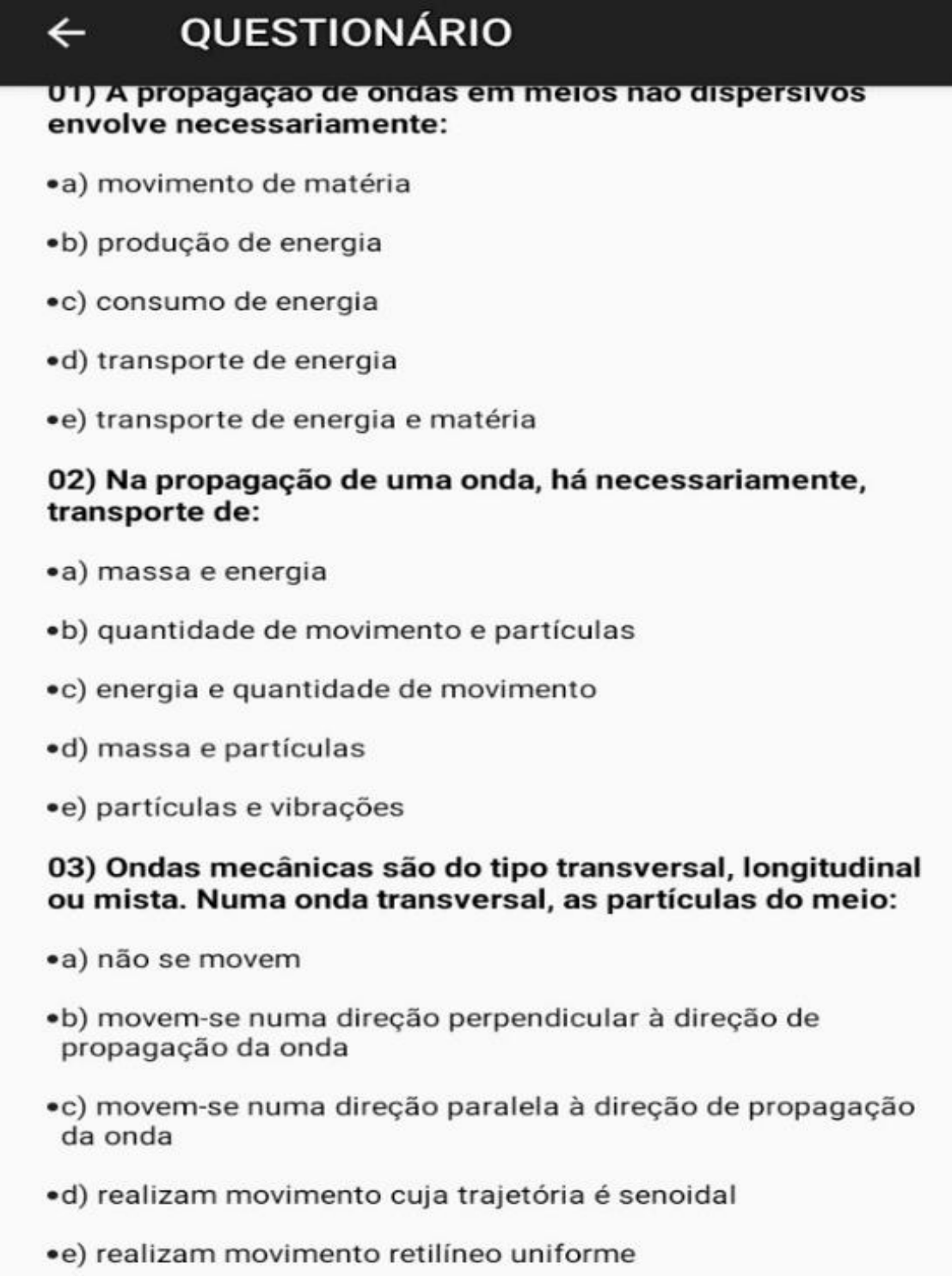
**Figura 30:** Instrumentos de sopro



Fonte: próprio autor

No print 16, é apresentado um questionário contendo vinte (20) questões envolvendo os conteúdos de Física Acústica e instrumentos musicais.

**Print 16:** Questionário



**← QUESTIONÁRIO**

**01) A propagação de ondas em meios não dispersivos envolve necessariamente:**

- a) movimento de matéria
- b) produção de energia
- c) consumo de energia
- d) transporte de energia
- e) transporte de energia e matéria

**02) Na propagação de uma onda, há necessariamente, transporte de:**

- a) massa e energia
- b) quantidade de movimento e partículas
- c) energia e quantidade de movimento
- d) massa e partículas
- e) partículas e vibrações

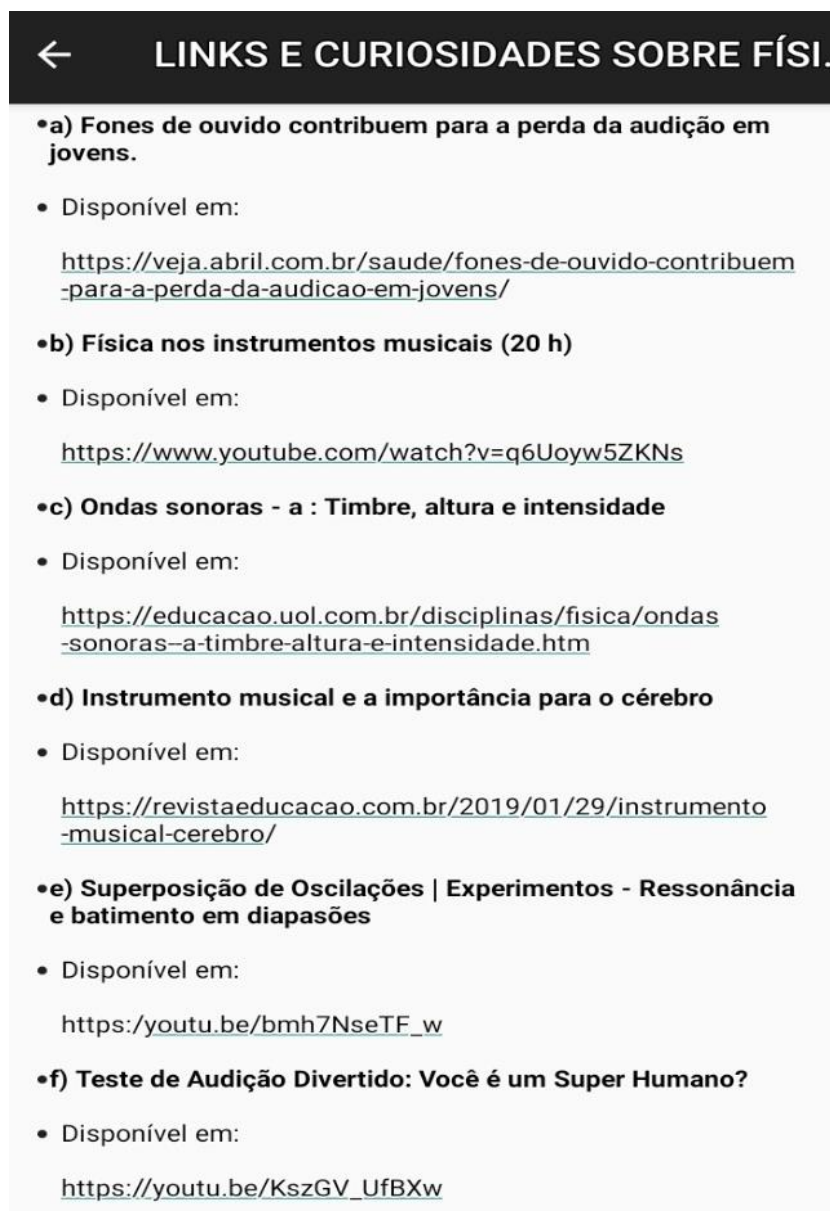
**03) Ondas mecânicas são do tipo transversal, longitudinal ou mista. Numa onda transversal, as partículas do meio:**

- a) não se movem
- b) movem-se numa direção perpendicular à direção de propagação da onda
- c) movem-se numa direção paralela à direção de propagação da onda
- d) realizam movimento cuja trajetória é senoidal
- e) realizam movimento retilíneo uniforme

**Fonte:** próprio autor

No print 17, são apresentados os links e curiosidades sobre Física Acústica e os instrumentos musicais.

**Print 17:** Links e curiosidades sobre Física acústica



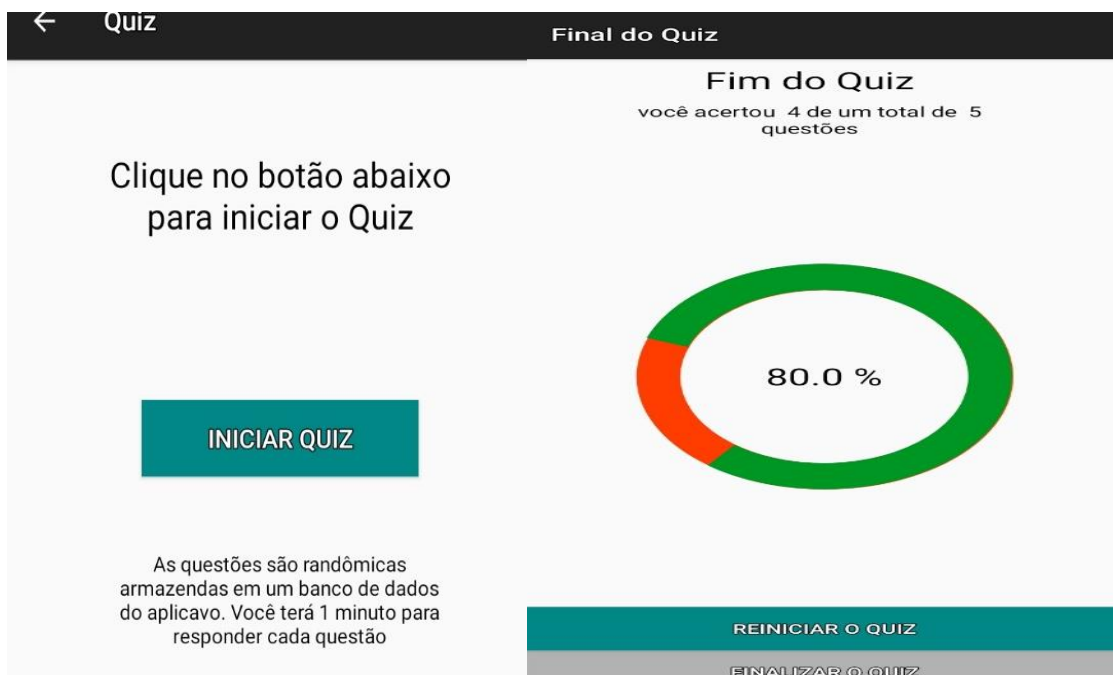
← **LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA**

- **a) Fones de ouvido contribuem para a perda da audição em jovens.**
  - Disponível em:  
<https://veja.abril.com.br/saude/fones-de-ouvido-contribuem-para-a-perda-da-audicao-em-jovens/>
- **b) Física nos instrumentos musicais (20 h)**
  - Disponível em:  
<https://www.youtube.com/watch?v=q6Uoyw5ZKNs>
- **c) Ondas sonoras - a : Timbre, altura e intensidade**
  - Disponível em:  
<https://educacao.uol.com.br/disciplinas/fisica/ondas-sonoras-a-timbre-altura-e-intensidade.htm>
- **d) Instrumento musical e a importância para o cérebro**
  - Disponível em:  
<https://revistaeducacao.com.br/2019/01/29/instrumento-musical-cerebro/>
- **e) Superposição de Oscilações | Experimentos - Ressonância e batimento em diapasões**
  - Disponível em:  
[https://youtu.be/bmh7NseTF\\_w](https://youtu.be/bmh7NseTF_w)
- **f) Teste de Audição Divertido: Você é um Super Humano?**
  - Disponível em:  
[https://youtu.be/KszGV\\_UfBXw](https://youtu.be/KszGV_UfBXw)

**Fonte:** próprio autor

No print 18, está representado o quiz, no qual apresenta um banco de dados contendo 30 questões. Nele o aluno terá 1 minuto para responder cada questão. Ao final de cinco questões respondidas, o quiz apresenta o percentual de acertos e erros do usuário, além disso, permite finalizar ou reiniciar o jogo.

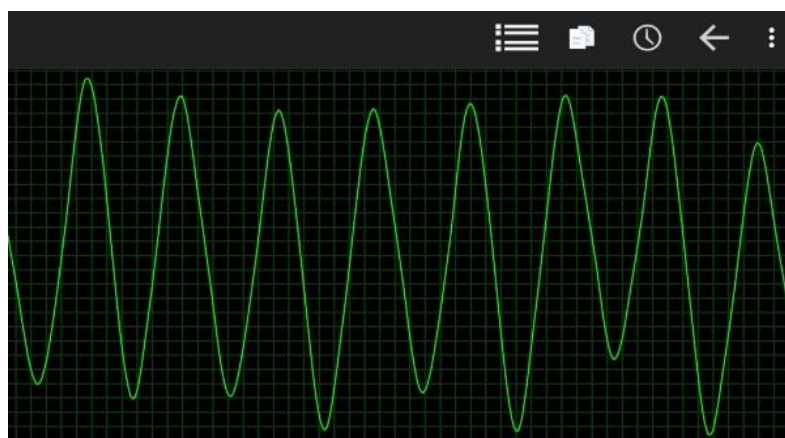
### Print 18: Quiz



Fonte: acervo do autor

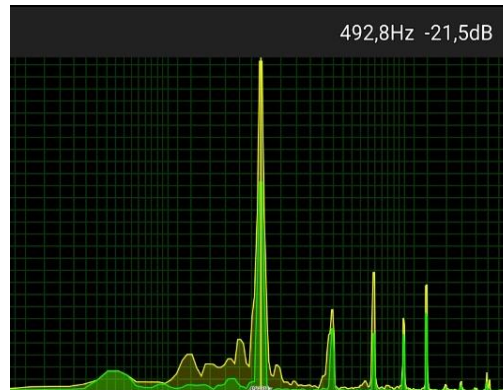
No print 19, é mostrado o comportamento gráfico, em termos de frequência (horizontal) e amplitude (vertical), de um sinal sonoro captado pelo osciloscópio.

Print 19: Onda captada pelo osciloscópio



Fonte: próprio autor

No print 20, é apresentado o espectro sonoro de uma nota (Sol) musical produzida em um teclado.

**Print 20: Espectro sonoro**

**Fonte:** próprio autor

O próximo capítulo trata da metodologia trabalhada em sala de aula. Serão abordados, caracterização da pesquisa, sujeitos participantes, o percurso metodológico, os instrumentos de produção e análise de dados.

## 4 METODOLOGIA

Nesta seção são apresentados, aos professor(es), os procedimentos metodológicos empregados para a aplicação do produto educacional em sala de aula, com a finalidade de atingir os objetivos da proposta de ensino, que foi o desenvolvimento de um aplicativo Android voltado para a compreensão dos conteúdos relacionados a área de Física Acústica no Ensino Médio, na perspectiva teórica da Aprendizagem Significativa de David Ausubel.

Levando-se em consideração os objetivos propostos da pesquisa, os quais só poderão ser respondidos mediante a realização de experimentos ou de coleta de dados empíricos ou de inserção/intervenção no ambiente a ser estudado, foi aplicada uma pesquisa de campo.

Importante destacar que uma pesquisa científica, caracteriza-se por apresentar diversas modalidades, e cada uma delas pode ser desenvolvida, utilizando-se, um ou mais métodos. Para o desenvolvimento deste trabalho, optamos por realizar uma pesquisa de natureza quali-quantitativa.

De acordo com Zanella (2013), o método quantitativo está voltado para a representatividade numérica, ou seja, com a medição objetiva e a quantificação dos resultados. Tem como objetivo central generalizar os dados a respeito de uma população, estudando somente uma pequena parcela dela. Enquanto, o método qualitativo não procura utilizar a teoria estatística para medir ou enumerar os fatos estudados. Na realidade, a pesquisa qualitativa tem a preocupação de conhecer a realidade, segundo a perspectiva dos sujeitos participantes da pesquisa, sem medir ou utilizar elementos estatísticos para análise dos dados.

Dessa forma, a aplicação do método quali-quantitativo possibilitou a obtenção de informações relevantes a respeito do conhecimento da realidade do aluno e a importância do uso de aplicativos em aulas de Física do Ensino Médio.

A proposta de aplicação deste produto educacional está direcionada para alunos do 2º ano, entretanto, devido à pandemia de Covid-19 e às restrições impostas pelo Governo do Estado do Piauí, ela foi aplicada em turmas do 3º ano do Ensino Médio.



#### 4.1 Objetivos das atividades desenvolvidas

##### **a) Aula teórica sobre Física Acústica e os Instrumentos Musicais**

- Discutir os conceitos Fundamentais de Física Acústica para a compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro e as principais características físicas relacionadas ao som produzido pelos instrumentos musicais.

##### **b) Questionário semiestruturado: Pré-teste**

- Verificar o conhecimento prévio dos estudantes relacionados aos conceitos fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais.

##### **c) Atividade experimental: Instrumentos Musicais/Osciloscópio**

- Fazer uso dos instrumentos musicais (violão, xilofone e escaleta) e do osciloscópio presente no produto educacional, para captação e reconhecimento dos sons emitidos por estes instrumentos musicais.

##### **d) Atividade exploratória (extraclasse): Física Acústica e Instrumentos Musicais.**

- Utilizar o Aplicativo Física Acústica Fácil para resolução de questões teóricas, envolvendo conceitos e curiosidades sobre esta área de conhecimento;
- Verificar o desempenho do aluno quanto à utilização do jogo QUIZ

##### **e) Questionário semiestruturado: pós-teste**

- Verificar se a proposta de utilização de um aplicativo como recurso didático possibilita uma aprendizagem significativa de Física Acústica, na perspectiva de David Ausubel.

O plano de trabalho desta pesquisa está representado no quadro 1.

**Quadro 1:** Cronograma do plano de trabalho

Encontros/aula	Carga horária	Ações
1º	2 h/a	Aula teórica sobre Física Acústica e funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais.
2º	2 h/a	Aula teórica sobre Física Acústica, funcionamento e produção dos sons nos Instrumentos Musicais
3º	2 h/a	Aplicação do Pré-teste
4º	4 h/a	Atividade experimental/teórica envolvendo o aplicativo e os instrumentos musicais
5º	2 h/a	Aplicação do Pós-teste e avaliação da pesquisa junto aos estudantes

**Fonte:** próprio autor

#### 4.2 Percurso metodológico

No primeiro encontro, antes iniciar a explicação dos conteúdos em sala de aula, utilizou-se um roteiro, com questões relacionadas ao tema a ser trabalhado com os alunos.

O roteiro discutido em sala de aula apresenta os seguintes questionamentos aos alunos:

- a) Você sabe explicar o que é onda. Dê exemplos.
- b) O que é uma onda mecânica? E uma onda eletromagnética? De exemplos de cada uma delas.
- c) Quais os principais fenômenos ondulatórios existentes?
- d) O que é som?
- f) Quais as leis físicas que explicam o princípio de funcionamento dos instrumentos musicais?
- g) Você sabe informar como são classificados os instrumentos musicais? Dê exemplos.
- h) Como são produzidos os sons nos instrumentos musicais?

Através das respostas dadas pela turma, foi possível ter uma noção acerca do conhecimento prévio dos alunos em relação a área de Física acústica e instrumentos musicais.

Após fazer a sondagem do conhecimento prévio dos alunos, foram ministradas aulas com o objetivo de discutir os conceitos fundamentais de Física acústica, bem como os mecanismos de produção dos sons e funcionamento dos instrumentos musicais.

O procedimento metodológico adotado no primeiro e segundo encontro foram:

- Aulas teórica (expositiva), tratando sobre os conceitos fundamentais de Física Acústica;
- Uso de instrumentos musicais como suporte prático para a teoria apresentada em sala de aula.

O professor deve procurar estabelecer uma organização e integração entre o que o aluno já sabe e reforçar, com novos conhecimentos envolvendo a área de Física acústica e os instrumentos musicais, o que vai de encontro a perspectiva teórica da aprendizagem significativa de Ausubel.

Os conteúdos discutidos em sala de aula foram os seguintes:

- Conceito de onda;
- Natureza das ondas: mecânicas e eletromagnéticas;
- Tipos de onda: longitudinal e transversal;
- Direção de propagação das ondas: ondas uni, bi e tridimensionais;
- Fenômenos ondulatórios: reflexão, refração, interferência, polarização, ressonância, difração.
- Ondas periódicas (período, frequência, comprimento de onda, amplitude, velocidade de propagação das ondas)
- Física Acústica
- Onda sonora e suas principais características;
- Qualidades fisiológicas do som( timbre, intensidade e altura);
- O ouvido humano

Os instrumentos musicais utilizados e trabalhados em conjunto com a teoria em sala de aula foram violão, flauta, tambor, escaleta, gaita, Inti Drum, xilofone e teclado.

A utilização dos instrumentos musicais serviu de base para que o aluno compreendesse:

- Os mecanismo de produção dos sons nos instrumentos musicais;
- Os principais fenômenos físicos associados à produção dos sons: ondas estacionárias e ressonância.

Dessa forma, a discussão envolvendo os conceitos fundamentais de Física Acústica e o mecanismo de funcionamento e produção dos sons nos instrumentos musicais tornam o processo de ensino e aprendizado mais satisfatório e rico de significados, aproximando teoria e prática, servindo como âncora para novos conhecimentos.

No terceiro encontro foi aplicado um questionário semiestruturado (pré-teste), a fim de verificar o conhecimento prévio dos estudantes em relação a Física Acústica e aos instrumentos musicais.

O questionário aplicado apresenta dez (10) questões (abertas e fechadas) envolvendo conceitos fundamentais de Física Acústica e instrumentos musicais, conforme é mostrado no apêndice A.

A partir das respostas dadas pelos alunos ao resolverem o pré-teste foi feita uma análise quali-quantitativa.

No quarto encontro foram realizadas atividades experimentais pelo professor/pesquisador, envolvendo o produto educacional - aplicativo (osciloscópio) e os instrumentos musicais.

O osciloscópio do produto educacional (aplicativo) foi utilizado para captação e reconhecimento dos sons emitidos pelos instrumentos musicais e parâmetros físicos das ondas, tais como a frequência, amplitude, comprimento de onda, forma de onda, etc. O roteiro da atividade experimental está representado no apêndice B.

No procedimento experimental envolvendo o osciloscópio foram utilizados os seguintes instrumentos musicais:

#### **a) Escaleta**

A escaleta consiste num aerofone que apresenta palhetas livres. O princípio de funcionamento é parecido com o acordeão e a harmônica de boca. Apresenta um teclado parecido com o do piano, em proporções bastante reduzidas. A extensão varia de acordo com o instrumento, podendo apresentar 32 e 37 teclas. Na extremidade do instrumento existe um orifício, onde é possível adaptar um tubo flexível. Soprando através do tubo e pressionando as teclas, os sons produzidos correspondem às notas musicais tocadas.

O músico sopra pela boquilha do instrumento, enquanto pressiona uma ou mais teclas. Ao pressionar uma tecla, abre-se o caminho para a passagem de ar pela

palheta correspondente. Com a passagem do ar, a palheta vibra, gerando a nota. As palhetas são semelhantes às da gaita de boca e do acordeão.

### **b) Xilofone**

O xilofone é um instrumento musical de percussão, que apresenta várias lâminas de madeira ou metal, que estão organizadas cromaticamente.

As placas de madeira ou aço estão dispostas de maneira semelhante às teclas de um piano e apresentam tamanhos diferentes. À esquerda de quem toca o instrumento, as notas produzidas geram sons mais graves, e em direção à direita, as notas são mais agudas.

### **c) Violão**

O violão é um instrumento musical de cordas. É composto de três partes principais, a cabeça, o braço e o corpo. Na cabeça ficam as peças chamadas de cravelhas ou tarraxas, nas quais são enroladas as cordas. O braço, por sua vez, está preso ao corpo do violão. Nele, há vários filetes (trastes), que ficam na posição vertical. Entre um filete e outro ficam as casas, que ajudam o violonista a produzir diferentes notas musicais e acordes.

Dentro do processo de ensino, é fundamental a utilização de recursos didáticos que potencializem o aprendizado do aluno. O aprofundamento dos conteúdos, mediados pelo professor, permite a interação e a integração dos conhecimentos.

Além dos encontros presenciais, foram aplicadas duas atividades extraclasse, envolvendo o uso do aplicativo, conforme é mostrado nos apêndices C e D. O objetivo dessas atividades foi o de permitir que o estudante interagisse com o aplicativo (produto educacional), a fim de verificar a sua funcionalidade prática e explorar a resolução de questões teóricas (conceitos fundamentais de Física Acústica, Quiz, curiosidades sobre Física Acústica e instrumentos musicais).

No quinto encontro, foi aplicado um questionário semiestruturado (Pós-teste), localizado no apêndice E, com o intuito de verificar se a proposta do uso do aplicativo, enquanto recurso didático, possibilita a aprendizagem significativa de Física Acústica, na perspectiva teórica de Ausubel

## REFERÊNCIAS

BÔAS, V. N.; DOCA, H. R.; BISCUOLA, J.G; **Física**. 1 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2013.

BORGES, A.N; RODRIGUES, C.G. **Introdução à Física Acústica**. São Paulo 1.ed. Livraria da Física. 2017.

FEYNMAN, R.P; LEIGHTON, R.B; SANDS, M. **Lições de Física de Feynman**. vol. I (Bookman, Porto Alegre, 2008).

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

GARCIA, E. A.C. **Biofísica**. São Paulo: Sarvier, 2015. p. 89 – 130.

GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física Ensino Médio**. 1. ed. São Paulo: Ática, v. 3, 2013.

GRILO, M.L; PEREZ, R.P. Física e Música. São Paulo: Ed. Editora Livraria da Física.2016

HALLIDAY, D.; RESNICK, R, J. **Fundamentos de Física**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, v. 4, 2016.

HEWITT, P.G. **Física conceitual**. tradução: Trieste Freire Ricci ; revisão técnica: Maria Helena Gravina. – 12. ed. – Porto Alegre : Bookman, 2015.

HELOU, D.; GUALTER, J. B.; NEWTON, V. B. **Tópicos de Física**. 1ª edição, Vol. 3. São Paulo, Editora Saraiva, 2010.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica**. São Paulo: Blucher, v.2, 2002.

NEWTON,

PIETROCOLA, M et al. **Física em contextos**.1 ed. São Paulo: Editora Brasil, v.2, 2016.

SANT'ANNA, B et al. **Conexões com a física**. São Paulo: Moderna, v.2, 2010.

SERWAY, R. A.; JÚNIOR, J.J W. **Princípios Física: oscilações, ondas e termodinâmica**. Tradução Foco Traduções ; revisão técnica Keli Seidel. 1. ed. -- São Paulo: Cengage Learning, v.2, 2014.

TIPLER, P.A; MOSCA, G. **Física Para Cientistas e Engenheiros**. 6 ed. Editora LTC, v.1, 2016.

TORRES et al. **Física Ciência e Tecnologia**.3 ed. São Paulo: Moderna, v.2, 2013.

YAMAMOTO, K; FUKU, L.P. **Física Para o Ensino Médio**. 4 ed. São Paulo: Saraiva, v.2, 2017.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física**. 12. ed. São Paulo: Addison Wesley, v. 3, 2009.

VÁLIO, A.B.M et al. **Ser protagonista: física**. 3 ed. São Paulo. v. 2, 2016.

---

## APÊNDICE DO PRODUTO EDUCACIONAL

### APÊNDICE A: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO: PRÉ-TESTE

#### QUESTIONÁRIO – PRÉ-TESTE

**Aluno (A):** \_\_\_\_\_

01) Analise as afirmativas a seguir:

I) Onda é uma perturbação de um meio elástico, ou de um campo oscilante que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.

II) As ondas, quanto a sua natureza são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.

III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz

IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

a) I , II e IV

b) I, II e III

c) II, III e V

d) I, III e IV

02) O quadro abaixo indica as várias grandezas físicas associadas às ondas periódicas. Faça a associação entre essas grandezas e o seu respectivo conceito.

(a) Velocidade de propagação	(    ) corresponde um ciclo completo de uma oscilação de uma onda.
(b) Frequência	(    ) corresponde o número de oscilações executadas durante um intervalo de tempo.
( c ) Comprimento de onda	(    ) é definida como a distância percorrida pela onda por unidade de tempo e depende do meio em que ela está se propagando.
(d) Período	(    ) corresponde ao máximo afastamento dos pontos a posição de equilíbrio.
(e) Amplitude	(    ) corresponde ao comprimento de uma onda completa

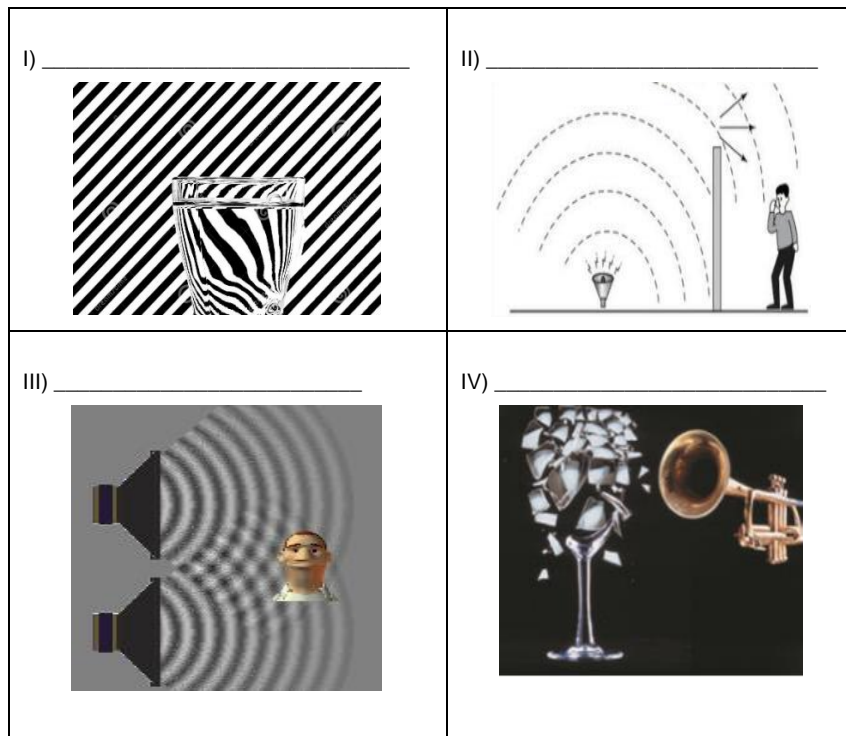


A associação correta é:

- a) a, b, c, e, d.
- b) d, b, a, e, c
- c) d, b, a, c, e
- d) a, e, d, c, b

03) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânica e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência; IV – reflexão
- b) I – refração; II – interferência; III – ressonância; IV – difração
- c) I – refração; II – difração; III – interferência; IV – ressonância.
- d) I – refração; II – difração; III – ressonância; IV – interferência

04) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

---



---

05) A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastantes conhecidos de todos nós.

Violino	Triângulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro**, **corda** e **percussão**.

- a) Violão, Castanhola, Bongô
- b) Violino, Xilofone, Violino
- c) Berimbau, Trombone, Hand Pan
- d) Escaleta, Violão, Xilofone

06) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

---



---

07) O aparelho auditivo humano tem como função primordial converter a energia de vibração das ondas sonoras em energia elétrica. De que forma o cérebro consegue interpretar a sensação auditiva?

Resposta:

---



---

08) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de Zarlín ( dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó ), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ( * )
FREQUÊNCIA ( Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

---

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

d) Qual nota é a mais aguda?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

09) Ao tocar um violão, um músico produz ondas nas cordas desse instrumento. Em consequência, são produzidas ondas sonoras que se propagam no ar. Comparando-se uma onda produzida em uma das cordas do violão com a onda sonora correspondente, é correto afirmar que as duas têm:

- a) a mesma amplitude
- b) a mesma velocidade de propagação
- c) a mesma frequência
- d) o mesmo comprimento de onda

10) Analise as afirmações a seguir:

I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.

II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.

III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitido nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

## APÊNDICE B: ATIVIDADE EXPERIMENTAL – OSCILOSCÓPIO E INSTRUMENTOS MÚSICAIS

**Leia as seguintes instruções a seguir com bastante atenção:**

O aplicativo contém um osciloscópio que captura e reconhece os sons produzidos pelos instrumentos musicais. Um dos pontos fundamentais do osciloscópio é mostrar o comportamento das ondas em termos de período de oscilação e a análise do espectro sonoro de cada som produzido por determinado instrumento musical em termos de frequência e amplitude da onda.

Diante do exposto, apresenta-se um roteiro experimental no qual serão verificados o comportamento das ondas sonoras produzidos pelos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e escaleta.

Roteiro:

O Osciloscópio faz a captura e análise espectral do som produzido por um determinado instrumento musical. Ele apresenta um menu onde é possível escolher o período de oscilação da onda. O período de oscilação varia de 0,1 ms a 0,5 s.

### **Procedimento nº 01**

Utilizando o osciloscópio do aplicativo Física Acústica Fácil, procure observar o comportamento gráfico do som produzido ao se tocar ou percutir determinada nota musical dos instrumentos musicais ( violão, xilofone e escaleta). Você percebeu alguma diferença , em termos gráficos, na captação do som produzido pelo osciloscópio quando se toca determinada nota musical destes instrumentos? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---

---

### **Procedimento nº 02**

Verifique o comportamento da onda, em termos gráficos, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percuta a nota mi (aguda) , si, sol, ré, lá , do **violão**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---



---

### Procedimento n<sup>o</sup> 03

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e si do **xilofone**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude e comprimento de onda) de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---



---

### Procedimento n<sup>o</sup> 04

Verifique o que ocorre com comportamento da onda, captada pelo osciloscópio quando se toca ou percute a nota dó, ré, mi, fá, sol, lá e si, da **escaleta**.

Ocorreu alguma mudança no comportamento (amplitude, comprimento de onda) gráfico de cada som produzido por cada nota musical, captado pelo osciloscópio? (Sugestão: adote o período de oscilação 0,2 ms).

Comente:

---



---

### Procedimento n<sup>o</sup> 05

Analise o espectro sonoro produzido pelas notas musicais ( dó, ré, mi, fá, sol, lá e si) no violão, xilofone e escaleta e procure identificar a frequência e amplitude do som produzido por cada nota e compare-as. Anote os valores detectados pelo osciloscópio na tabela para cada instrumento.

**VIOLÃO:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

**XILOFONE:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

**ESCALETA:**

NOTA	FREQUENCIA	AMPLITUDE
Dó		
Ré		
Mi		
Fá		
Sol		
Lá		

a) Que conclusões você pôde tirar ao comparar os dados obtidos pelo osciloscópio para cada nota musical dos instrumentos musicais envolvidos (violão, xilofone e escaleta)?

Comente:

---



---

b) Você percebeu alguma mudança no timbre de cada nota musical tocada em cada um dos instrumentos musicais ( violão, xilofone e escaleta).

Comente:

---

---

c) O que faz com que o som de cada instrumento musical ( violão, xilofone e escaleta) seja diferente um do outro ?

Comente:

---

---



## **APÊNDICE C: ATIVIDADE EXTRACLASSE I – FÍSICA ACÚSTICA E INSTRUMENTOS MÚSICAIS**

Abaixo são apresentadas as atividades extraclasse envolvendo o uso do aplicativo.

Procure responder as seguintes questões:

- 01) Explique o que é onda.
- 02) Explique o que são ondas mecânicas. Cite exemplos.
- 03) Explique o que são ondas eletromagnéticas. Cite exemplos.
- 04) Explique o que são ondas longitudinais. Cite exemplos.
- 05) Explique o que são ondas transversais. Cite exemplos.
- 06) Quais são os principais fenômenos ondulatórios? Caracterize-os.
- 07) Quais são as principais propriedades das ondas periódicas?
- 08) Caracterize as ondas sonoras.
- 09) Explique como ocorre a sensação auditiva.
- 10) Quais são os principais fenômenos ondulatórios que estão relacionados à produção dos sons? Caracterize-os.
- 11) Explique o que são instrumentos musicais e como são classificados os instrumentos musicais?

## **APÊNDICE D: ATIVIDADE EXTRACLASSE II – LINKS E CURIOSIDADES SOBRE FÍSICA ACÚSTICA E INSTRUMENTOS MUSICAIS**

Atividade extraclasse: Links sobre curiosidades em Física Acústica

Procure responder as seguintes questões relacionadas aos links sobre curiosidades em Física Acústica:

- 01) Os fones de ouvido contribuem para a perda de audição entre jovens. Por quê?
- 02) O que é e para que serve um osciloscópio?
- 03) Qual a importância dos instrumentos musicais para o cérebro?
- 04) Explique como é produzido o som nos seguintes instrumentos musicais: violão, xilofone e a escaleta.

## APÊNDICE E: QUESTIONÁRIO SEMIESTRUTURADO – PÓS-TESTE

O questionário semiestruturado (pós-teste) apresenta duas partes. Na parte I, são apresentadas questões envolvendo os conceitos fundamentais de Física Acústica e o instrumentos musicais. Na parte II, tem-se um questionário onde é feita a avaliação de todo o trabalho desenvolvido em sala de aula.

**Parte I:** Questionário – conceitos fundamentais em Física acústica e os instrumentos musicais.

Abaixo é mostrado o questionário semiestruturado pós-teste aplicado em sala de aula.

### QUESTIONÁRIO – PÓS-TESTE

**Nome:**

---

01) Analise as afirmativas a seguir:

- I) Onda é uma perturbação de um meio elástico ou de um campo oscilante, que se propaga transportando energia e quantidade de movimento.
- II) As ondas, quanto à sua natureza, são classificadas em mecânicas e eletromagnéticas.
- III) São exemplos de ondas mecânicas: as ondas criadas numa corda, ondas nas superfícies dos líquidos, ondas sonoras e luz
- IV) São exemplos de ondas eletromagnéticas: ondas de rádio, ondas de TV, raios X e ondas de radar.

São verdadeiras:

- a) I, II e IV
- b) I, II e III
- c) II, III e V
- d) I, III e IV

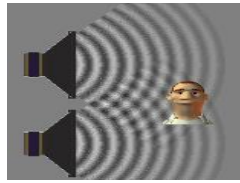
02) Os fenômenos ondulatórios mais comuns que ocorrem com ondas mecânicas e/ou eletromagnéticas são os seguintes: reflexão, refração, difração, polarização, interferência e ressonância.

Indique o fenômeno ondulatório que está relacionado a cada imagem a seguir:

I) \_\_\_\_\_



II) \_\_\_\_\_



III) \_\_\_\_\_



- a) I – difração; II – ressonância; III – interferência  
 b) I – refração; II – interferência; III – ressonância  
 c) I – refração; II – difração; III – interferência  
 d) I – refração; II – difração; III – ressonância

03) Explique como são produzidos os sons nos instrumentos musicais.

Resposta:

04) A tabela a seguir mostra uma relação de instrumentos musicais bastante conhecidos de todos nós.

Violino	Triângulo	Flauta	Tambor	Xilofone	Chocalho	Saxofones
Cavaquinho	Trompete	Harmônio	Castanhola	Caxixi	Maracá	Pandeiro
Bandolim	Guitarra	Escaleta	Violão	Banjo	Caxixi	Ukulelê
Bongô	Clarinete	Violoncelo	Inti Drum	Bateria	Handpan	Cuíca
Cornetins	Berimbau	Trombone	Piano	Corneta	Viola	Chekerê

Marque a alternativa correta, que indique pelo menos **um** instrumento de: **sopro**, **corda** e **percussão**.

- a) Escaleta, Violão, Xilofone  
 b) Violão, Castanhola, Bongô  
 c) Violino, Xilofone, Violino  
 d) Berimbau, Trombone, Hand Pan

05) Analise as afirmações a seguir:

- I. Dois instrumentos musicais diferentes são acionados e emitem uma mesma nota musical.  
 II. Dois instrumentos musicais iguais estão emitindo uma mesma nota musical, porém, com volumes diferentes.

III. Um mesmo instrumento musical é utilizado para emitir duas notas musicais diferentes.

Assinale a principal característica que difere cada um dos dois sons emitidos nas situações I, II e III, respectivamente:

- a) amplitude, comprimento de onda e frequência.
- b) frequência, comprimento de onda e amplitude
- c) timbre, amplitude e frequência
- d) comprimento de onda, timbre e frequência

06) Quando diferentes tipos de instrumentos musicais, como flauta, saxofone, e piano, produzem a mesma nota musical, os sons resultantes diferem uns dos outros devido:

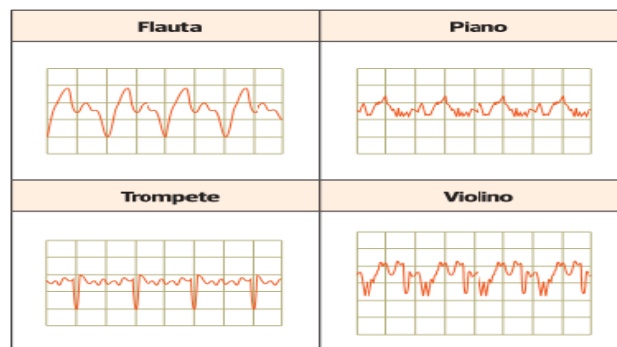
- a) às diferentes composições de harmônicos gerados por cada instrumento
- b) às diferentes intensidades das ondas sonoras
- c) às diferentes frequências sonoras produzidas
- d) aos diferentes comprimentos de ondas fundamentais

07) Quais as características das ondas sonoras que determinam a altura e a intensidade do som?

- a) frequência e amplitude
- b) amplitude e comprimento de onda
- c) amplitude e frequência
- d) frequência e comprimento de onda

08) Os instrumentos musicais são classificados em três tipos: corda, sopro e percussão.

Na figura abaixo estão representadas as configurações resultantes diferentes que dão origem à mesma nota musical — neste caso o Dó (262 Hz).



Analisando o som emitido pelos instrumentos musicais acima, podemos afirmar que o gráfico representado pela flauta, piano, trompete e violino, verifica-se que eles apresentam \_\_\_\_\_ diferentes.

- a) alturas
- b) intensidades
- c) volumes
- d) timbres

09) O que faz com que o som de cada instrumento musical seja diferente um do outro?

Resposta:

---



---

10) As notas musicais podem ser agrupadas de diversos modos. O agrupamento mais conhecido é chamado de gama de zarlin (dó, ré, mi, fá, sol, lá, si e novamente dó), conforme indica a figura (teclado de um piano) abaixo.



O piano é um instrumento de cordas, do qual obtemos os sons pressionando suas teclas. Cada tecla está ligada a um martelo que percute uma corda de determinado tamanho. Dessa forma, cada tecla corresponde a um som de determinada frequência.

A tabela relaciona as notas musicais às respectivas frequências.

NOTA	Dó	Ré	Mi	Fá	Sol	Lá	Si	Dó ( * )
FREQUÊNCIA ( Hz)	264	297	330	352	396	440	445	528

De acordo com as informações fornecidas pela tabela acima, responda:

a) Explique o que diferencia uma nota musical de outra?

Resposta:

---

b) Indique a nota e o valor da menor frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

c) Indique a nota e o valor da maior frequência?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

d) Qual nota é a mais aguda?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

e) Qual nota é a mais grave?

Resposta:

Nota: \_\_\_\_\_

Frequência: \_\_\_\_\_

**Parte II: avaliação do trabalho**

### **AVALIAÇÃO DO TRABALHO**

01) A discussão, em sala de aula, a respeito dos conceitos fundamentais de Física Acústica ajudaram-no na compreensão das grandezas físicas envolvidas no fenômeno sonoro?

Comente:

---

---

02) A utilização de instrumentos musicais nas aulas de Física Acústica ajudaram-no no entendimento e compreensão do mecanismo de produção de sons e funcionamento dos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

03) A utilização do osciloscópio, presente no aplicativo Física Acústica Fácil, ajudaram-no na compreensão do comportamento dos som produzidos pelos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

04) Os aplicativos educacionais estão sendo utilizados com mais frequência pelos profissionais da Educação, especialmente, da área de Física. O aplicativo utilizado nesta pesquisa possibilitou a você estudante a compreender melhor o mecanismo de funcionamento e produção dos sons dos instrumentos musicais?

Comente:

---

---

05) O que você achou do Quiz do aplicativo Física Acústica Fácil?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

06) O que você achou do osciloscópio do aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

07) O que você achou dos conteúdos, questionários e links presentes no aplicativo?

- a) regular
- b) bom
- c) ótimo
- d) excelente

08) Comente sua opinião sobre o aplicativo Física Acústica Fácil.

---