



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA**

ALEXANDRE BARBOSA DA COSTA

**A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA COMO
FERRAMENTA DE APOIO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: O
FOTOFONE EXPERIMENTAL**

**BELÉM
2023**

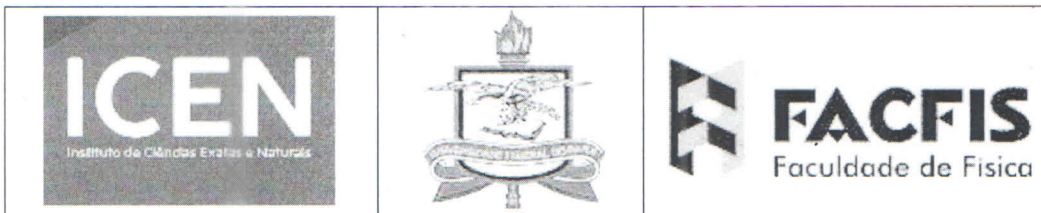
ALEXANDRE BARBOSA DA COSTA

**A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA COMO
FERRAMENTA DE APOIO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: O
FOTOFONE EXPERIMENTAL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado à
Faculdade de Física do Instituto de Ciências
Exatas e Naturais da Universidade Federal do
Pará como requisito para obtenção do grau de
Licenciado Pleno em Física.

Orientador: Prof. Me. Victor Façanha Serra

**BELÉM
2023**



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARÁ
INSTITUTO DE CIÊNCIAS EXATAS E NATURAIS
FACULDADE DE FÍSICA

ATA DA APRESENTAÇÃO E DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE
CURSO – TCC

Ata da sessão de apresentação e defesa de Trabalho de Conclusão de Curso para concessão de grau de Licenciado em Física, realizada às 09:00 h do dia 7 de julho de 2023, no Laboratório de Ensino de Física, cuja orientação teve início em março de 2023, sendo o trabalho intitulado: **“A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA COMO FERRAMENTA DE APOIO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: O FOTOFONE EXPERIMENTAL”**, contendo 40 páginas, que foi apresentado durante 30 minutos minutos pelo discente **ALEXANDRE BARBOSA DA COSTA**, matrícula Nº **201608140049**, diante da banca examinadora aprovada pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal do Pará, assim constituída: **Prof. Dr. Victor Façanha Serra (Orientador – FACFIS/UFPa)**, **Prof. Dr. João Furtado de Souza (Examinador 1 – FACFIS/UFPa)** e **Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto (Examinador 2 – FACFIS/UFPa)**. Em seguida, o mesmo foi submetido à arguição, tendo demonstrado conhecimentos no tema objeto da proposta de TCC, favorecendo à banca examinadora apresentar contribuições para melhorias no desenvolvimento e decidir pelo conceito EXCELENTE, bem como conceder o prazo máximo de 15 dias para serem efetuadas as modificações sugeridas pela banca, se for o caso. Para constar, foram lavrados os termos da presente Ata que lida e aprovada recebe a assinatura dos integrantes da banca examinadora e do DISCENTE.

ORIENTADOR: _____

EXAMINADOR 1: _____

EXAMINADOR 2: _____

DISCENTE: _____

ALEXANDRE BARBOSA DA COSTA

**“A UTILIZAÇÃO DE EXPERIMENTOS EM SALA DE AULA COMO FERRAMENTA DE
APOIO NO PROCESSO DE ENSINO-APRENDIZAGEM: O FOTOFONE
EXPERIMENTAL”**

Monografia apresentada como requisito para obtenção do título de Licenciado em Física pela Faculdade de Física do Instituto de Ciências Exatas e Naturais da Universidade Federal Pará, submetida à apreciação da banca examinadora composta pelos seguintes membros:

Orientador:

Prof. Dr. Victor Façanha Serra
(FACFIS – ICEN - UFPA)

Examinador 1:

Prof. Dr. João Furtado de Souza
(FACFIS - ICEN - UFPA)

Examinador 2:

Prof. Dr. Manoel Januário da Silva Neto
(FACFIS - ICEN - UFPA)

Belém, 7 de julho de 2023.

Dedico este trabalho aos meus pais, Osvaldo Costa (*In memoriam*) e Maria Costa; a minha esposa Liliane, e as minhas irmãs Alessandra e Adriana.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pela força de enfrentar as adversidades da vida e continuar adiante mesmo quando não existe mais chão para isto, e, pelas oportunidades que se seguiram para concluir o ensino superior ao longo desta caminhada; agradeço aos meus pais Osvaldo Rodrigues (*In memoriam*) e Maria das Graças pelo apoio desde que entrei na faculdade; as minhas irmãs Adriana e Alessandra Costa.

Agradeço a minha esposa Liliane, por apoiar as decisões que tomei para concluir o curso, pelo incentivo contínuo e sua agradável companhia nas diversas noites em claro, em que passei estudando para a faculdade.

Agradeço ao professor Victor Façanha por ser meu orientador, e principalmente por suas palavras que fizeram com que eu viesse reencontrar o meu caminho e continuasse o curso. Ao professor José Luís pelo apoio dado para a conclusão do curso.

Agradeço também aos professores Marcos Celso e Elias Souza que foram meus supervisores de estágio supervisionado em física, na E.E.E.F.M. José Alves Maia; a vice-diretora Waldiney Avelar, pelo incentivo e orientação durante o período de estágio. Agradeço também aos professores da Faculdade de Física, o professor Victor, Francisco, João Batista, João Felipe, Daniel, Newton, Cláudio, Almira, Altem, Miguel, Castiñeiras, Edimilson, Ednilton, Maria e Silvana.

E agradeço também aos meus amigos Elder, Carol, Adhelon, Ubiratan, Sergio e Evelyn com quem tive o prazer de fazer o curso de física, no qual sempre foi dado força um para outro para concluir a faculdade, as vezes com palavras e outras com atitudes.

“A ciência é muito mais que um corpo de conhecimentos. É uma maneira de pensar”.

(Carl Sagan)

RESUMO

Este trabalho procura investigar o impacto do uso de experimentos em sala de aula no processo de ensino-aprendizagem da disciplina física. Muitos estudantes consideram a física uma disciplina difícil de compreender devido à complexidade da linguagem utilizada nos conceitos e à associação com a matemática. No entanto, acredita-se que é possível despertar o interesse dos alunos por meio de algo que os fascine e chame a atenção. Com base nisso, foi escolhido um experimento sobre o fotofone experimental, baseado na invenção de Alexander Graham Bell, como ferramenta pedagógica para abordar os conceitos teóricos sobre ondulatória e eletromagnetismo, da disciplina física. O objetivo deste estudo é verificar os impactos e consequências relevantes do uso deste experimento em sala de aula. Espera-se que o resultado deste trabalho venha servir como ferramenta norteadora, para futuros trabalhos relacionados ao uso de experimentos como material de apoio pedagógico na disciplina física.

Palavras chaves: Experimento; Fotofone; Ensino-aprendizagem; Física.

ABSTRACT

This work investigates the impact of using classroom experiments on the teaching-learning process of physics. Many students consider physics a difficult subject to understand due to the complexity of the language used in concepts and its association with mathematics. However, it is believed that it is possible to awaken students' interest through something that fascinates and catches their attention. Based on this, the experimental photophone, based on Alexander Graham Bell's invention, was chosen as a pedagogical tool to approach the theoretical concepts of physics. The aim of this study is to verify the relevant impacts and consequences of using this experiment in the classroom. It is expected that the result of this work will serve as a guiding tool for future works related to the use of experiments as pedagogical support material in physics.

Keywords: Experiment; Photophone; Teaching-learning; Physics.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fotofone Transmissor	15
Figura 2 - Fotofone Receptor	15
Figura 3 - Onda Senoidal	17
Figura 4 - Ondas Mecânicas	18
Figura 5 - Ondas Eletromagnéticas.....	19
Figura 6 - Ondas Unidimensionais	19
Figura 7 - Ondas Bidimensionais	19
Figura 8 - Ondas Transversal e Longitudinal	20
Figura 9 - Frentes de Ondas	21
Figura 10 - Luz Visível	22
Figura 11 - Lei da Reflexão.....	23
Figura 12 - Reflexão Especular e Difusa	23
Figura 13 - Junção PN.....	25
Figura 14 - Semicondutor.....	25
Figura 15 - LED.....	26
Figura 16 - Energia Liberada.....	26
Figura 17 - LDR.....	27
Figura 18 - Esquema Elétrico 1	28
Figura 19 - Esquema Elétrico 2	29
Figura 20 - Microfone	29
Figura 21 - Fotofone Experimental.....	29

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Média 3º Ano 34

Gráfico 2 – Média 3º Ano 34

SUMÁRIO

I-INTRODUÇÃO:	12
II-UM BREVE HISTÓRICO	14
III-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA BÁSICA	16
1 – Ondas	16
1.1 - Propriedades de uma onda	16
1.2 – Classificação de Ondas	18
2 – Ondas Sonoras	20
3 – Ondas Luminosas	22
4 - Fótons	24
5 – Semicondutores	24
5.1 - Material tipo N.....	24
5.2 – Material tipo P.....	25
5.3 – Junção PN	25
6 – Diodo Emissor de Luz (LED)	26
7 – Resistor Dependente de Luz (LDR)	27
IV-O FOTOFONE EXPERIMENTAL	28
V- FUNCIONAMENTO DO FOTOFONE EXPERIMENTAL	30
VI-APRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO AOS ALUNOS E RESULTADOS OBTIDOS	31
VII-CONCLUSÃO	36
VIII-BIBLIOGRAFIA	38
APÊNDICE	40

I-INTRODUÇÃO:

O presente trabalho é baseado em uma experiência ocorrida durante os estágios supervisionados em física, na Escola Estadual de Ensino Médio e Fundamental (E.E.E.M.F.) José Alves Maia, no segundo semestre de 2022. O objetivo deste estudo é demonstrar como o uso de experimentos em sala de aula podem impactar o processo ensino-aprendizagem, e como os alunos reagem mediante a utilização deste recurso pedagógico em sala de aula para a abordagem dos conceitos físicos envolvidos no experimento.

A disciplina física hoje, ainda é vista pela maior parte dos estudantes como uma disciplina difícil de ser assimilada. Muitas vezes, os mesmos, têm dificuldade em compreender a linguagem utilizada para representar os conceitos, e além disso, associada com a deficiência que possuem em matemática, que é a ferramenta mais utilizada na disciplina, eles acabam por apresentar um desinteresse pela mesma demonstrando muitas vezes que a “digerem” por estar obrigatoriamente vinculada a grade curricular escolar. Contudo, é de se observar que o ser humano possui uma pré-disposição nata de aprender, e que, em algumas situações é necessário fazer com que este gatilho mental seja ativado. Para isso deve-se recorrer a algo comum que fascine e chame a atenção desses jovens e adultos de diversas faixas etárias.

Observa-se na prática, que coisas novas sempre chamam a atenção do ser humano despertando assim sua curiosidade. Pode-se tomar como exemplo os jogos de luzes durante o período natalino, pois a luz sempre foi objeto de fascinação e também de estudo. Utilizando-se destes fatores comuns a todos, e com o intuito de buscar algo como ferramenta educativa que ative este gatilho mental dos alunos e buscando quebrar a rotina do ensino tradicional com a exposição de algo novo, optou-se por introduzir a apresentação de um experimento que tornasse possível a abordagem de conceitos físicos envolvidos, que viesse despertar a atenção dos alunos para as aulas de física, e diante disto, escolheu-se um experimento baseado na invenção de Alexander Graham Bell, o fone experimental, como ferramenta de auxílio no processo ensino-aprendizagem em física.

O objetivo geral do trabalho é verificar quais impactos e consequências relevantes podem ocorrer ao se empregar um experimento em sala de aula como recurso pedagógico de apoio para o tratamento dos conceitos teóricos da disciplina física. Fazendo uso deste recurso para a explanação dos conceitos físicos no experimento, avaliar a percepção dos alunos em relação a utilização do experimento em sala de aula, e verificar se houve melhora no processo ensino-aprendizagem após o uso desta ferramenta pedagógica.

Na seção 2 deste trabalho faz-se um breve histórico sobre Alexander Granham Bell e sua invenção. Nele é descrito como Bell pensou num meio de comunicação sem fio, como foi que elaborou o princípio de funcionamento e a construção do fotofone com os materiais disponíveis naquela época, pondo-o em operação junto com seu assistente Tainter no final do século XIX. No segundo capítulo trata-se da fundamentação teórica básica, onde são abordados de forma geral os conceitos físicos envolvidos no funcionamento do experimento apresentado em sala de aula, dando uma maior ênfase ao fenômeno ondulatório.

A terceira seção descreve como foi construído o fotofone experimental, demonstrando o esquema elétrico, sendo contextualizado a lista dos materiais utilizados, com o reaproveitamento de alguns materiais e componentes que normalmente são descartados indevidamente no lixo residencial. A quarta seção, refere-se ao seu funcionamento, descrevendo de maneira sistemática cada uma das etapas referentes ao esquema elétrico, tanto do circuito do transmissor quanto do circuito do receptor.

A quinta seção trata da metodologia empregada no trabalho. Nela se descreve como o experimento foi aplicado em sala de aula, e como por meio dele os fenômenos físicos envolvidos foram explicados. Fez-se também um acompanhamento do desempenho dos alunos por meio de suas notas, comparando as médias do primeiro semestre, com as médias do segundo semestre, onde foi usado o experimento, de forma a analisar a relevância do uso desta ferramenta no processo de ensino-aprendizagem.

II-UM BREVE HISTÓRICO

Alexander Graham Bell nasceu em 1847 em Edimburgo na Escócia, foi professor de fisiologia vocal na Universidade de Boston, também foi inventor e fundador da Companhia Telefônica Bell (FRAZÃO, 2019). Em seu artigo publicado pela revista Science, Bell (1880) anuncia que com o auxílio de seu assistente Summer Tainter, a construção do primeiro meio de comunicação de voz sem fio, o equipamento responsável por este feito foi chamado de fotofone.

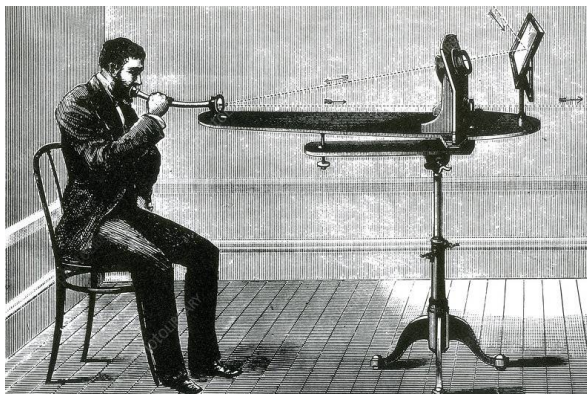
Neste artigo é descrito as observações a respeito do selênio e suas características que chamou sua atenção. Foi verificado neste período, que o selênio apresentava uma resistência elevada e que sofria variações quando exposto a luz. Bell (1880) já havia percebido em um de seus experimentos que ao ligar e interromper rapidamente a corrente elétrica em um telefone, era possível ouvir pequenos estalos elétricos. Com base nisso, ele considerou que seria possível reproduzir a voz utilizando a variação da luz sob o selênio, pois em sua visão, ele fez uma analogia do som audível de um telefone com a lei da Faraday:

“Nenhum efeito é produzido durante a passagem de uma corrente contínua e constante. É apenas no momento da mudança de um estado mais forte para um mais fraco, ou vice-versa, que qualquer som audível feito é produzido, e a quantidade de efeito é exatamente proporcional à quantidade de variação na corrente. Era, portanto, evidente que o telefone só poderia responder ao efeito produzido em selênio no momento da mudança da luz para escuridão, ou vice-versa, e que seria aconselhável interromper a luz com grande rapidez, de modo a produzir uma sucessão de mudanças na condutividade do selênio correspondendo em frequência a vibrações musicais dentro dos limites do sentido da audição”. (Bell, 1880, p. 132).

O primeiro ponto que deveria ser considerado para a construção deste aparelho seria diminuir a resistência do selênio que não media menos que 250.000 Ω , após vários experimentos, Bell e Tainter conseguiram diminuir esta resistência do selênio para 300 Ω com ausência de luz e 155 ohms com a presença da luz.

Para que fosse possível fazer a luz vibrar na mesma frequência da voz, foi construído um sistema para a captação de som no transmissor (Figura 1) do equipamento, que possuía um tubo com um diafragma espelhado em seu final. Havia duas lentes, uma destas lentes concentrava a luz no diafragma espelhado, enquanto a outra concentrava a luz refletida pelo diafragma na direção do receptor. Desta forma ao falar próximo ao tubo, a voz percorria o interior dele até o diafragma fazendo-o vibrar para frente para trás, e consequentemente ocorre uma variação na intensidade da luz emitida na mesma frequência da voz do locutor.

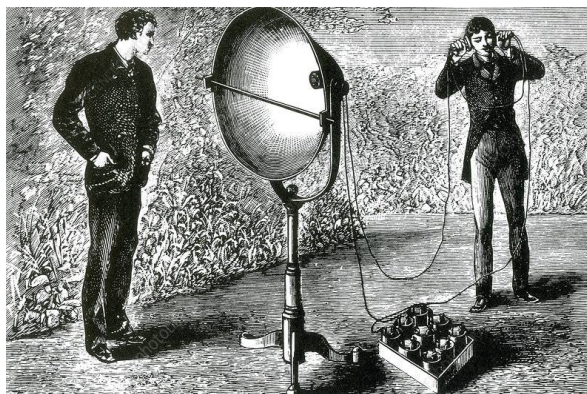
Figura 1 - Fotofone Transmissor



Fonte: Science Source, Disponível em: <https://www.sciencephoto.com/media/814018/view>. Acesso em 23 mai. 2023.

Essa luz emitida ao chegar no receptor (Figura 2), era refletida em um refletor parabólico contendo uma célula de selênio no foco, estas variações faziam o selênio aumentar e diminuir a corrente elétrica no telefone, tornando audível as palavras produzidas pelo locutor.

Figura 3 - Fotofone Receptor



Fonte: Science Source, Disponível em: <https://www.sciencephoto.com/media/814019/view>. Acesso em: 23 mai. 2023.

O experimento com o fotofone foi realizado com sucesso em Washington no ano de 1880, o transmissor foi operado por Tainter no topo da escola Franklin, a uma distância de 213 metros do laboratório de Bell, na rua I 325 L, onde encontrava-se o receptor operado por Bell, que escutou claramente a voz de seu ajudante pedindo-o que acenasse o chapéu na janela caso o estivesse ouvindo.

III-FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA BÁSICA

O fotofone criado por Alexander Graham Bell, utiliza-se de fenômenos ondulatórios como característica fundamental para seu funcionamento, cujo objetivo é transmitir o som do locutor, por meio de um feixe de luz ao interlocutor, ou seja, fazer com que a oscilação mecânica proveniente do som emitido por uma pessoa, seja transmitida por um feixe de luz oscilando na frequência do emissor, sendo posteriormente reproduzida mecanicamente na mesma frequência da fonte osciladora. As ondas mecânicas e eletromagnéticas comumente relacionadas no cotidiano humano são o som e a luz visível, contudo, há diversos tipos de ondas, sendo que no experimento do fotofone restringe-se nas duas ondas citadas para o princípio da comunicação de telefone sem fio.

1 – Ondas

Segundo Nussenzveig (2002, p. 98) as ondas são facilmente observadas na superfície da água tocada por um corpo, pois quando este toca a superfície da água, ele gera um pulso (que chamamos de perturbação) com determinada amplitude e que se expande em círculos. Supondo que tenha uma rolha flutuando nesta superfície, quando a ondulação atinge a rolha, esta executa um pequeno movimento para cima e para baixo, simultaneamente com um pequeno movimento para frente e para trás. Porém, após a passagem da ondulação, a rolha ficará novamente em repouso, aproximadamente na mesma posição inicial. Isso indica que o mesmo deve ter ocorrido com as moléculas de água. O que caminha pela superfície da água é a perturbação, e não as moléculas de água, estas executam apenas uma oscilação quando atingidas pela perturbação.

De modo geral, pode-se dizer que:

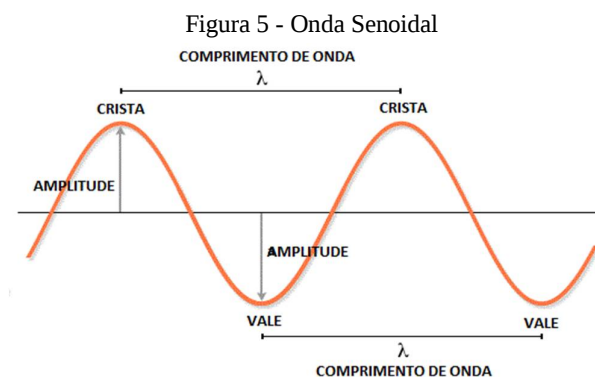
Uma onda é uma perturbação transmitida de um ponto a outro, desde o ponto que é produzida e com velocidade definida, que se propaga através do espaço ou num dado meio, transportando energia e quantidade de movimento, mas não transporta matéria.

1.1 - Propriedades de uma onda

O estudo sobre ondas, sejam elas de qual natureza for, apresentam as mesmas propriedades básicas que facilitam sua compreensão. De acordo com o autor Knigth (2009, p. 602-603) os diferentes tipos de ondas podem ser entendidos por meio de um modelo

ondulatório, baseado na ideia de uma onda progressiva que se desloca com velocidade definida. “A semelhança das descrições física e matemática desses diferentes tipos de ondas indica que o movimento ondulatório é um dos temas unificadores da física”. (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2013, p.117).

Estas descrições semelhantes dos diversos tipos de ondas baseadas em uma onda progressiva são representadas graficamente por uma onda senoidal (Figura 3), e de acordo com Hewitt (2015, p.358-359) apresentam as seguintes propriedades:



Fonte: Albuquerque (2020). Disponível em: <https://infoenem.com.br/conceitos-iniciais-sobre-ondas-no-enem/> Acesso em: 3 abr. 2023

- **Cristas:** São os pontos mais elevados (pulsos) de uma onda.
- **Vales:** São os pontos mais baixos (cavidade) de uma onda.
- **Amplitude:** De acordo com a representação gráfica, é o deslocamento máximo em relação a linha de simetria, este deslocamento está relacionando tanto com a crista como o vale, e são representados por deslocamento $D_{crista} = A$ e $D_{vale} = -A$. A amplitude está relacionada com a quantidade de energia transportada em uma onda, sendo que seu deslocamento é determinado pela fonte que a gerou.

- **Frequência (f):** É o número de oscilações por unidade de tempo, sendo medida em Hertz (Hz) em homenagem ao físico alemão Heinrich Hertz. A frequência é sempre igual a fonte que a originou e se mantém constante durante toda a existência da onda, e está relacionada com o período pela expressão

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

- **Período (T):** É o tempo decorrido numa oscilação. Sua unidade de medida no Sistema Internacional é Segundos (s).

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

- **Comprimento de Onda (λ):** É a distância percorrida pela onda durante uma oscilação.

$$\lambda = v \cdot T$$

O que permite também calcular a velocidade de propagação de uma onda, sendo que a velocidade depende do meio em que a onda se propaga:

$$\lambda = v \cdot T \Rightarrow \lambda = v \cdot \frac{1}{f} \Rightarrow v = \lambda \cdot f$$

No Sistema Internacional a unidade da velocidade é Metros por Segundos (m/s).

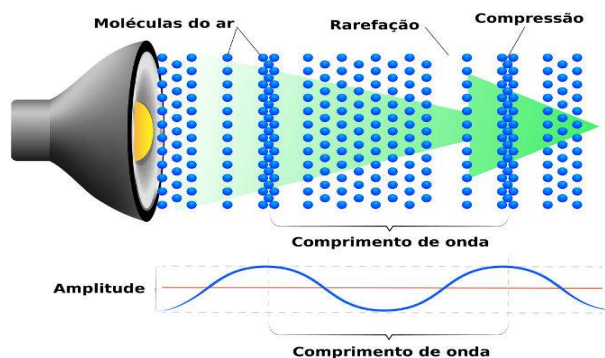
1.2 – Classificação de Ondas

De acordo com os autores Bôas; Doca; Biscuola (2016, p. 119-120), as ondas podem ser classificadas conforme sua natureza, direção de propagação e vibração.

1.2.1 – Natureza de Ondas

- **Ondas Mecânicas:** É a perturbação de um meio material elástico que se propaga por esse meio, transportando energia e quantidade de movimento. O som e as ondas que se propagam na superfície de um líquido são dois exemplos deste tipo de onda mecânica, pois precisam de um meio para se propagar (Figura 4).

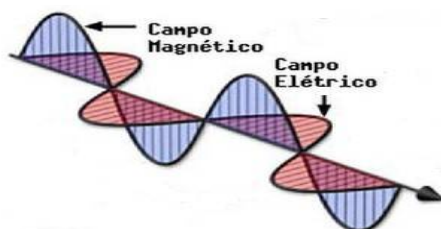
Figura 7 - Ondas Mecânicas



Fonte: Helerbrock. <https://mundoeducacao.uol.com.br/fisica/o-que-som.htm>. Acesso em 4 abr. 2023.

- **Ondas Eletromagnéticas:** São ondas compostas por dois campos variáveis perpendiculares, um elétrico e outro magnético, que podem se propagar tanto em um meio material como no vácuo (Figura 5). A luz é um exemplo de onda eletromagnética.

Figura 9 - Ondas Eletromagnéticas

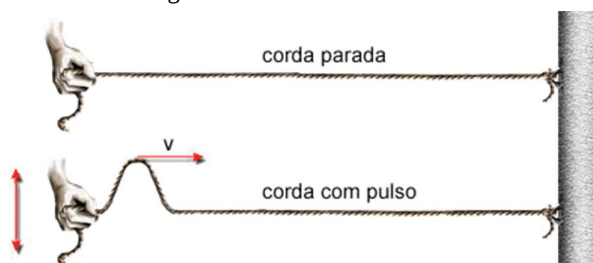


Fonte: Aso-frequências (2012). Disponível em: <https://asofrequencias.webnode.pt/news/ondas-electromagneticas/>. Acesso em 5 abr. 2023.

1.2.2 – Direções de propagação

• **Ondas Unidimensionais:** Propaga-se em uma única direção no espaço (Figura 6). As ondas geradas na extremidade de uma corda é um exemplo de ondas unidimensionais.

Figura 11 - Ondas Unidimensionais



Fonte: Zilio (2004). Disponível em: http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/optica/universitario/cap04/cap4_01.php. Acesso em 8 abr. 2023.

• **Ondas Bidimensionais:** Propagam-se em duas direções do espaço simultaneamente (Figura 7). Como exemplo pode-se citar as ondas geradas por um objeto ao atingir a superfície de um lago.

Figura 13 - Ondas Bidimensionais



Fonte: Souza. Disponível em: <https://sites.google.com/site/iaefisicaifce/>. Acesso em 8 abr. 2023.

• **Ondas Tridimensionais:** propagam-se em três direções do espaço simultaneamente. O som e a luz são exemplos deste tipo de propagação.

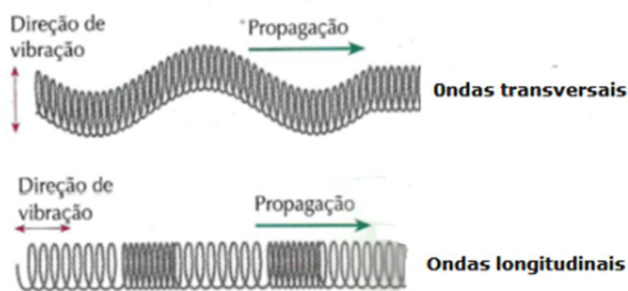
1.2.3 - Direções de vibração

Quanto a este aspecto, destacam-se dois tipos importantes de ondas: a transversal e a longitudinal (Figura 8).

- **Onda transversal:** É aquela cuja vibração é perpendicular a direção de propagação da onda. Ao fazer um movimento para cima e para baixo em uma mola esticada, um pulso é gerado e se propaga ao longo da mola, o deslocamento de elementos da mola é perpendicular à direção de propagação da onda.

- **Onda longitudinal:** É aquela cuja vibração coincide com a direção de propagação da onda. Ao comprimir a extremidade de uma mola, ocorre uma perturbação de onda (compressão ou rarefação) ao longo da direção de propagação da onda.

Figura 15 - Ondas Transversal e Longitudinal



Fonte: Nicolau (2014). Disponível em: http://osfundamentosdafisica.blogspot.com/2014/11/cursos-do-blog-termologia-optica-e-ondas_11.html. Acesso em 8 abr. 2023.

2 – Ondas Sonoras

As ondas sonoras são produzidas pela vibração de corpos. De acordo com Hewitt (2015, p. 375), este material vibrante causa uma perturbação no meio circundante, ocasionando em princípio uma compressão em uma porção de moléculas, sendo que esta compressão é transmitida em outras moléculas sucessivamente. Em seguida, surge uma área de rarefação, onde as moléculas da região próxima preenchem este espaço, ocorrendo sucessivamente após cada compressão, o resultando final destas rarefações e compressões é uma propagação longitudinal na mesma direção da vibração.

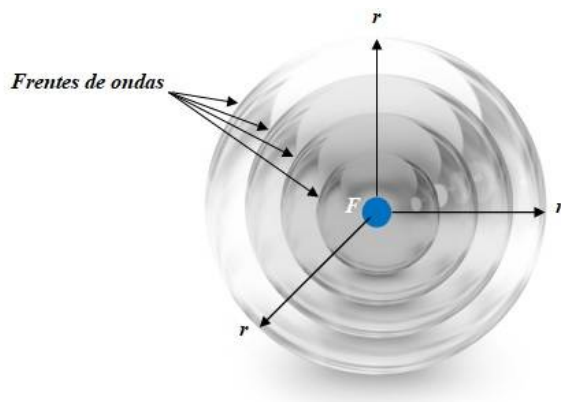
“As ondas sonoras, do mesmo modo que as ondas transversais em uma corda, são de natureza mecânica, o que significa que se propagam devido às forças (elásticas) atuantes sobre as partículas do meio”. (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2013, p. 146). “A elasticidade é a

capacidade do material que teve sua forma alterada, pela ação de uma força aplicada, de retornar a sua forma original depois que a força for removida”. (HEWITT, 2015, p. 376).

Suponha que um ponto material F oscile imerso em um meio elástico e homogêneo; o ar ou a água, por exemplo. Essas oscilações dão origem a ondas mecânicas tridimensionais longitudinais que tendem a se propagar uniformemente em todas as direções por meio de frentes de ondas esféricas. [...] As partículas que compõe o ar, ou que nele estão presentes, oscilam longitudinalmente, na mesma direção em que as ondas sonoras se propagam. (GASPAR, 2013, p.40).

As frentes de ondas, são as oscilações que tem o mesmo comprimento de onda, que se propaga no meio distanciando-se do seu ponto de origem, e os raios indicam a direção de expansão destas frentes de ondas (Figura 9).

Figura 17 - Frentes de Ondas



Fonte: Compilação do autor¹.

“Quando atingem nosso sistema auditivo, essas vibrações são detectadas e traduzidas em impulsos nervosos, elétricos, que o cérebro decodifica como som”. (GASPAR, 2013, p. 40). Conforme Rui; Steffani (2007):

Ouvir é um dos cinco sentidos humanos e para que uma pessoa escute, uma gama considerável de eventos precisa acontecer: Um som audível deve ser produzido, precisa haver um meio para que esse som se propague e atinja o seu aparelho auditivo, este deve funcionar e transmitir as informações do som (frequência, amplitude, timbre, localização da fonte sonora) para o nervo auditivo. Este último, por sua vez, deve conduzir tais informações, via células auditivas, para o encéfalo que interpretará o som. É um longo caminho que perpassa muitos fenômenos físicos. (RUI; STEFFANI, 2007, p. 2).

Pela definição dos autores BÔAS; DOCA; BISCUOLA:

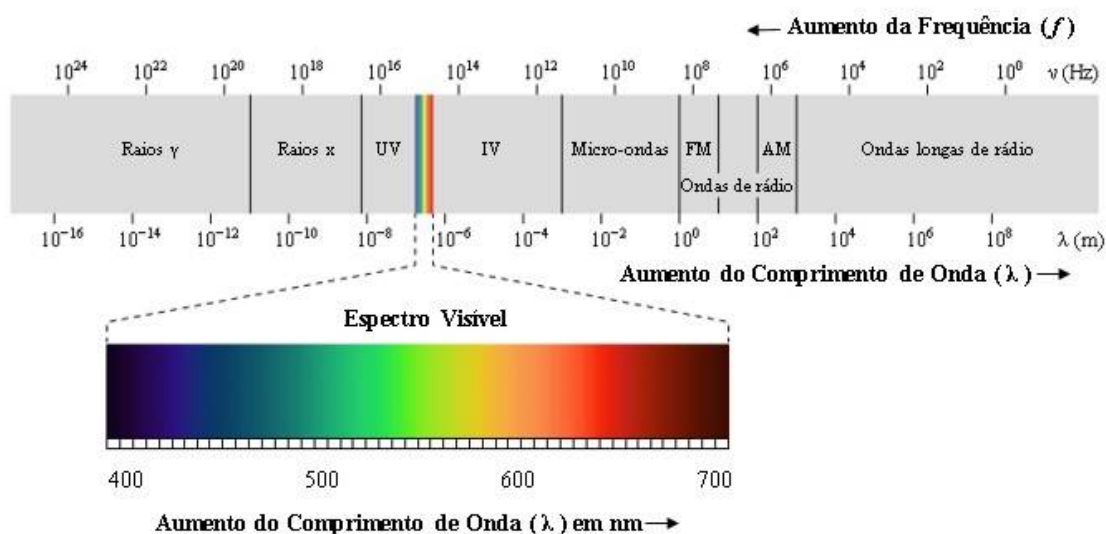
O som é constituído de um conjunto de ondas mecânicas que podem ser percebidas pelo sistema auditivo dos seres humanos e muitos outros animais. [...] O sistema auditivo humano é sensível às ondas sonoras que tenham frequência entre 20 Hz e 20.000 Hz, aproximadamente. Esse intervalo varia de pessoa para pessoa e de acordo com a idade de cada um. (BÔAS; DOCA; BISCUOLA, 2016, p. 126).

¹ Montagem da imagem coletada no site Klipartz. Disponível em: <https://www.klipartz.com/es/sticker-png-taxza>.

3 – Ondas Luminosas

Dentro do espectro eletromagnético, diversas são as ondas eletromagnéticas que o compõe, diferenciando-se uma das outras pelo seu comprimento de onda ou na frequência. Todas essas ondas são consideradas como luminosas, contudo, destaca-se uma pequena faixa deste espectro que a torna peculiar, pois é por meio dela que o homem obtém informações e desenvolve conhecimento científico, sendo denominada como luz visível (Figura 10). Pode-se definir a luz visível como uma radiação eletromagnética em relação ao qual o olho é sensível, “os limites do comprimento de ondas da região visível para seres humanos, vão de aproximadamente de 400 nm (violeta) até aproximadamente 700 nm (vermelho)”. (HALLIDAY; RESNIK; KRANE, 2012, p. 1).

Figura 19 - Luz Visível



Fonte: Compilação do autor²

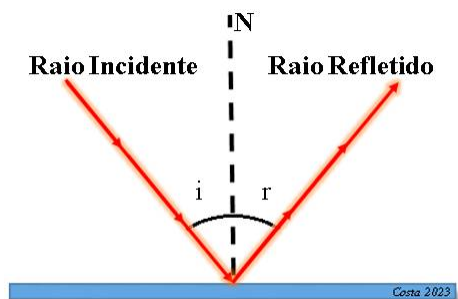
O sol é a maior fonte de energia do sistema solar, e a luz visível proveniente dele é o que permite aos seres humanos conhecer o mundo em que vive, a observar a natureza em todas suas formas e cores, e analisar os fenômenos físicos que nela ocorre graças a reflexão e a absorção da luz sobre os corpos. Pois de acordo com Hewitt (2015):

“Quando a luz incide sobre a superfície de um material, ou ela é remetida sem que ocorra alteração na sua frequência, ou é absorvida por ele e o aquece. Dizemos que a luz é refletida quando ela retorna ao meio de onde veio – o processo é chamado de reflexão. (HEWITT, 2015, p. 520).

² Montagem a partir da imagem coletada no site da Wikimedia Commons. Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:EM_spectrum.svg. Acesso em 18 abr. 2023.

A lei da reflexão pode ser sintetizada pela ilustração da figura 11, onde o raio de luz incidente e o raio de luz refletido, assim como a reta normal à superfície, pertencem ao mesmo plano, e que o ângulo de reflexão (r) é igual ao ângulo de incidência (i).

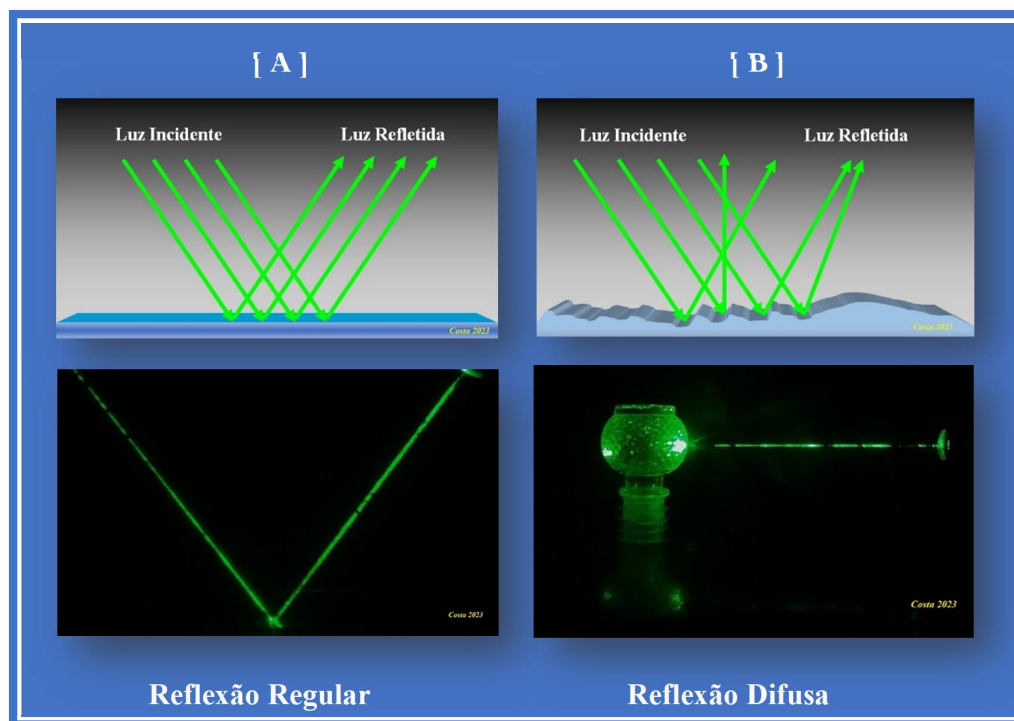
Figura 21 - Lei da Reflexão



Fonte: Elaborado pelo autor (2023).

Os raios de luz ao incidir em um objeto, dependendo da rugosidade de sua superfície, eles podem se ser refletidos de forma paralela ou forma dispersa. “A reflexão da luz em uma superfície lisa e regular, como um espelho ou um pedaço de metal polido, chama-se reflexão especular (Figura 12 A)”. (KNIGHT, 2009, p. 703). “Quando a luz incide em uma superfície rugosa ou granular, ela é refletida em muitas direções diferentes. Isso é chamado de reflexão difusa (Figura 12 B)”. (HEWITT, 2015, p. 523).

Figura 23 - Reflexão Especular e Difusa



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

4 - Fótons

A luz, desde muito séculos foi objeto de estudo e apesar dos avanços obtidos, ainda não se tem uma compreensão do que ela realmente é em sua totalidade, pois verificou-se que a luz é muito mais que uma onda. O artigo publicado pela revista alemã *Annalen der Physik*, sob o título “Um ponto de vista heurístico sobre a produção e a transformação da luz”, Einstein (1905) demonstra como pode ser entendido o efeito fotoelétrico, partindo da ideia de que a luz é constituída de quanta de energia (hf), onde h é a constante de Planck, cujo valor é $h = 6,626 \times 10^{-34}$ J.s, e f é a frequência da luz. “[...] Einstein estendendo o trabalho pioneiro de Max Planck propôs que a luz pode, de fato, existir como pacotes discretos de energia, que hoje em dia são chamados de fótons”. (HALLIDAY; RESNICK; KRANE, 2012, p. 144). A energia de um fóton é fornecida pela equação:

$$E = hf$$

Este novo conceito revolucionário sobre a luz dá início a um novo campo de pesquisa, a física quântica, que ao ser aplicada no estudo da condução elétrica de metais, foi possível o desenvolvimento dos semicondutores, no qual é responsável pelo avanço tecnológico do mundo contemporâneo.

5 – Semicondutores

Os semicondutores estão presentes em todos os dispositivos eletrônicos, geralmente são de materiais de silício (Si) ou germânio (Ge), que dopados tornam-se materiais extrínsecos do tipo P ou do tipo N. A dopagem consiste de impurezas introduzidas nos materiais, e dependendo do tipo de impureza, o semicondutor terá ou mais lacunas ou mais elétrons livres. Esses materiais (Silício ou Germânio) quando dopados, mudam sua configuração eletrônica, de acordo com os autores Lond; Ross (1999, p. 64 – 70):

5.1 - Material tipo N

São materiais dopados com impurezas doadoras, podendo ser arsênio, antimônio ou o fósforo, que modifica sua configuração eletrônica, transformando em um átomo pentavalente, no qual deixará um elétron livre na camada de valência.

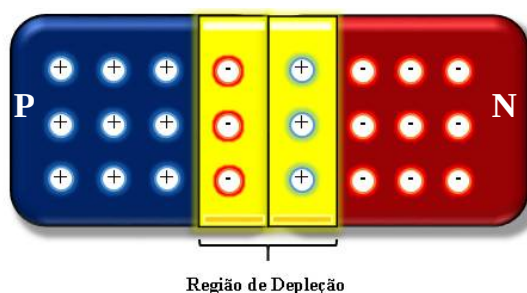
5.2 – Material tipo P

São materiais dopados com impurezas chamadas aceitadoras, podendo ser o alumínio, índio, boro ou gálio, transformando-o em um átomo trivalente, onde não são formados elétrons livres, mas lacunas que se comportam como cargas positivas.

5.3 – Junção PN

Quando injetados impurezas aceitadora e doadora em um semiconductor, forma-se uma junção PN (Figura 13), onde as lacunas e elétrons livres recombina-se criando uma região de depleção impedindo que outras combinações ocorram, sendo que em consequência da combinação da região de depleção, cria-se uma diferença de potencial denominada potencial de barreira.

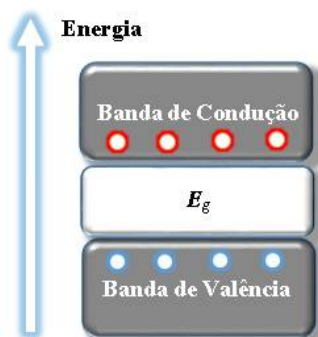
Figura 25 - Junção PN



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

A teoria das bandas, é um modelo empregado para explicar a condução de corrente elétrica em um sólido. Na figura 14 têm-se uma idealização da banda de energia de um semiconductor, onde a banda de energia proibida (E_g) é mais estreita do que a banda de energia de um isolante. “[...] isto coloca elétrons na (quase vazia) banda chamada de banda de condução da figura e deixa um número igual de estados vagos, ou lacunas, na (praticamente cheia) banda de valência[...]”. (HALLIDAY; RESNIK; KRANE, 2012, p. 248).

Figura 27 - Semicondutor

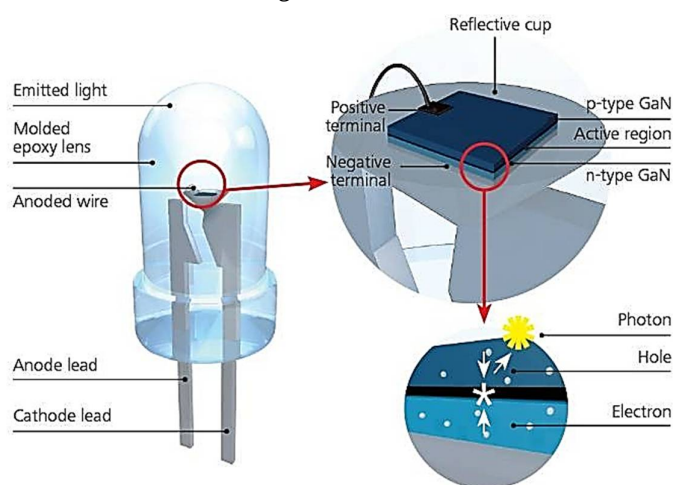


Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

6 – Diodo Emissor de Luz (LED)

O LED é um componente eletrônico semiconductor de junção PN, cuja função é converter energia elétrica em energia luminosa. A figura 15 ilustra o interior do dispositivo, onde o material tipo N da junção está ligado a um material metálico no formato de um cone que tem a função de um espelho refletor, o terminal do LED conectado ao material do tipo N é chamado de Cátodo. O material do tipo P está conectado somente por um fio ao outro terminal denominado anodo, permitindo que ocorra uma melhor reflexão da luz.

Figura 29 - LED



Fonte: Stroski (2018). Disponível em: <https://www.electricalibrary.com/2018/02/19/como-funciona-o-led/>. Acesso em: 17 mai. 2023

“Como uma junção PN pode emitir luz? Quando um elétron na base da banda de condução de um semiconductor cai em uma lacuna no topo da banda de valência, uma energia E_g é liberada (Figura 16), onde E_g é a largura da banda proibida”. (HALLIDAY; RESNIK; KRANE, 2012, p. 256).

Figura 31 - Energia Liberada



Fonte: Elaborado pelo autor (2023)

7 – Resistor Dependente de Luz (LDR)

O LDR (Figura 17) é um semicondutor não polarizado, ele tem dois terminais conectado a uma tira de serpentina semicondutora que varia sua resistência elétrica quando exposto a variação da intensidade de luz, pois os fótons fornecem energia aos elétrons da banda de valência para que sejam deslocados para a banda de condução. “Também conhecidos como foto resistores, apresentam um alto valor de resistência elétrica em um ambiente na ausência de luminosidade, e quando expostos à luz, a sua condutividade elétrica aumenta. Ou seja, oferecem baixa resistência elétrica quando iluminados”. (GONÇALVES, 2019, p. 25).

Figura 33 - LDR



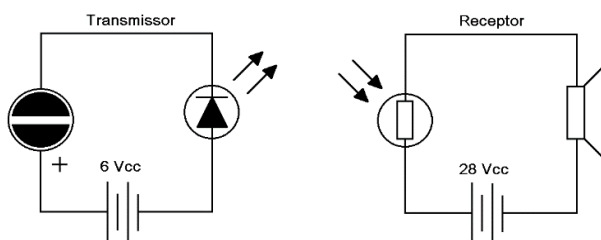
Fonte: Elaborado pelo Autor

Devido as suas características, o LDR possui várias aplicações na automação industrial, robótica, e outros campos da tecnologia, sendo mais comumente utilizado em circuitos de iluminação pública, sendo o responsável pelo acionamento das lâmpadas dos postes da rede elétrica que ilumina cidades e estradas no início do anoitecer.

IV-O FOTOFONE EXPERIMENTAL

O fotofone experimental baseia-se em um transmissor e receptor bastante simples, sendo demonstrado conforme a Figura 18 que apresenta seu esquema elétrico. O transmissor consiste de um micro eletreto e um LED branco ligados em série com uma fonte de alimentação de 6 Vcc, enquanto o receptor consiste de um LDR e um aut falante (ou fone de ouvido) também ligados em série com uma fonte de alimentação de 28 Vcc.

Figura 35 - Esquema Elétrico 1

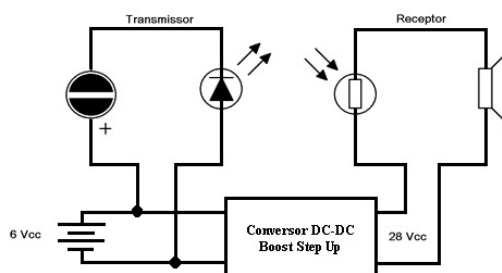


Fonte: Elaborado pelo autor

Estes componentes são baixo custo e de fácil aquisição, mas com o objetivo de torná-lo compacto, portátil e de rápida construção, foram feitas algumas adaptações, ao invés de tradicionalmente confeccionar o circuito em uma placa de fenolite, a qual exigiria o uso do produto químico de perclorato de ferro (FeCl_3), foi utilizado fita adesiva cobreada para fazer o circuito dentro de uma caixa de fita cassete, onde foi adicionado um botão liga e desliga para a fonte de alimentação. Esta caixa foi escolhida por ser um material resistente e transparente, pois além de proteger o circuito em seu interior contra choques mecânicos e poeira, permite vê-lo em funcionamento.

A energia fornecida será por meio de uma fonte de celular, o qual será responsável por alimentar os circuitos de transmissão e recepção. Nesta parte do circuito de alimentação, utilizou-se para o circuito receptor um conversor elevador de tensão dc-dc Boost Step Up, que amplifica a tensão de 6 Vcc para 28 Vcc. Este amplificador de tensão agirá como uma fonte retificadora para o receptor, impedindo que a corrente variável proveniente do circuito transmissor quando em operação passe para o circuito receptor. Foi aproveitado o conector de áudio fêmea de um celular queimado para adaptá-lo no circuito receptor, facilitando a conexão do receptor com o fone de ouvido. Apesar destas adaptações, a essência do circuito permanece a mesma conforme é apresentado o esquema elétrico 2 na figura 19.

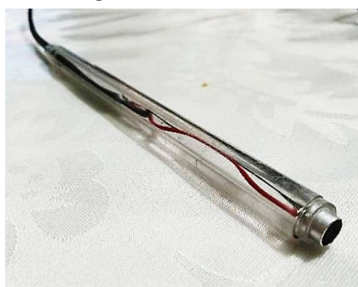
Figura 37 - Esquema Elétrico 2



Fonte: Elaborado pelo Autor

Para a construção do microfone (Figura 20), foi usado o tubo transparente de uma caneta esferográfica, no qual passa em seu interior os dois fios soldados no micro eletreto, que se encontra fixado na extremidade de maior diâmetro do tubo.

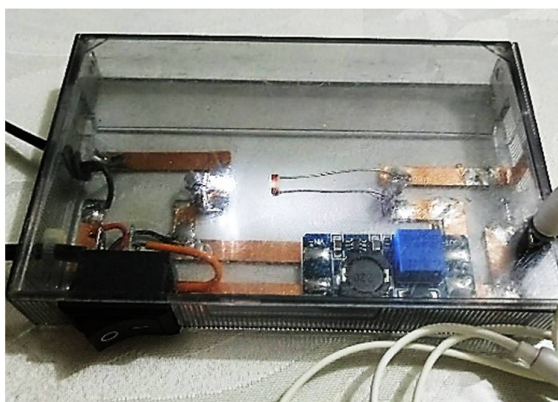
Figura 39 - Microfone



Fonte: Elaborado pelo autor

Faz-se necessário ressaltar que não basta apenas fixar a fita de cobre para montar os circuitos na caixa de fita cassete, mesmo sobreposto suas extremidades uns aos outros, pois é preciso soldar suas extremidades para que se faça o contato e feche o circuito para a passagem de corrente. Também deve-se ficar atento ao soldar os fios do microfone no circuito transmissor, pois o micro eletreto possui polaridade em seus terminais, o mesmo cuidado deve-se ter com ao soldar o anodo e o cátodo do LED. Após todos os componentes soldados, na figura 21 é apresentado o aspecto final do fotofone experimental em funcionamento.

Figura 41 - Fotofone Experimental



Fonte: Elaborado pelo autor

V- FUNCIONAMENTO DO FOTOFONE EXPERIMENTAL

Primeiramente se conecta a fonte do celular a uma tomada, em seguida aciona-se o interruptor alimentando os dois circuitos. No circuito transmissor a corrente passará pelo microfone de eletreto chegando ao anodo do LED, esta corrente fará com que alguns elétrons sejam deslocados da banda de valência para a banda de condução, fazendo o Led ascender com pouca intensidade.

No circuito receptor, o LDR, que devido a incidência luminosa advindo do LED, tem sua resistência alterada para um valor mais baixo, e a tensão de 6Vcc proveniente da fonte, alimenta o conversor dc-dc boost step up, que eleva a tensão para 28 Vcc em sua saída, esta tensão passa pelo LDR chegando aos fones de ouvidos que fecha o circuito receptor.

O microfone de eletreto tem em seu interior um transistor de efeito de campo (FET), onde o gate esta conectado a um diafragma, quando uma pessoa fala próximo ao microfone, o som produzido por ela se propaga pelo ar, onde as moléculas do meio sofrem uma perturbação, esta perturbação é constituída de várias compressões e rarefações que ao atingirem o diafragma o fazem vibrar, esta oscilação faz com que surja no dreno do transistor uma corrente alternada, que ao chegar no LED, faz com que a luz proveniente deste oscile com maior ou menor intensidade.

Esta oscilação de luz incide sobre o LDR, onde os fótons ao atingir a superfície do sulfeto de Cádmio fornecem energia aos elétrons, fazendo com que sua resistência elétrica diminua ou aumente conforme a oscilação da intensidade luminosa incidente. Esta variação na resistência faz com que a tensão oscile na bobina móvel que está presa no diafragma do fone de ouvidos, contendo em seu interior um ímã fixo.

A bobina atua como um eletroímã, e essa oscilação de corrente cria um campo magnético que junto com a ação do campo magnético do ímã, de acordo com a polaridade dos campos magnéticos envolvidos, realiza uma força de atração e repulsão da bobina móvel fazendo o diafragma vibrar, e conseqüentemente uma nova compressão e rarefação do ar, produzindo o som audível na mesma frequência de voz do locutor que falou próximo ao microfone do circuito transmissor.

VI-APRESENTAÇÃO DO EXPERIMENTO AOS ALUNOS E RESULTADOS OBTIDOS

O experimento foi demonstrado aos alunos do período da tarde, do segundo e terceiro ano do ensino médio da E.E.E.M.F. José Alves Maia no mês de novembro de 2022 (ver apêndice), com o intuito de atizar a curiosidade deles sobre o experimento exposto, para que por meio dele fosse possível demonstrar a aplicação de conceitos físicos na criação de tecnologias, consolidar o que já haviam aprendido, motivá-los a encarar a disciplina com outros olhos, e desta forma tentar evitar uma maior evasão escolar devido a uma reforma que já perdurava um pouco mais de um ano neste estabelecimento de ensino.

Foi feito um breve comentário sobre os meios de comunicações no qual seu avanço culminou no celular, e a comodidade que se tem de ter um microcomputador de bolso, capaz de acessar internet, trocar informações e fazer vídeo conferência sem a necessidade de haver um meio físico e em tempo real. Em seguida, os alunos foram indagados sobre quando foi feita a primeira comunicação sem fio utilizando ondas eletromagnéticas. Alguns responderam anos 80, outros afirmaram ter ocorrido na primeira guerra mundial, contudo, todos ficaram surpresos ao descobrir que a primeira comunicação sem fio ocorreu no final do século 19, mais especificamente no ano de 1880, e mais surpresos ficaram quando souberam que a onda eletromagnética utilizada foi a luz visível.

Foi explicado aos alunos que o fotofone experimental é baseado na invenção de Alexander Graham Bell, em seguida se adaptou um radinho de pilha junto ao microfone, e ao ligar o experimento cada estudante ouviu no fone de ouvido a estação de rádio sendo transmitida pela oscilação rítmica de um LED. Depois foi perguntado a eles quais conceitos físicos básicos são responsáveis para que este experimento funcione, primeiramente deve-se recordar sobre fenômenos ondulatórios, expõe-se que os fenômenos mais comum e de conhecimento cotidiano é o som e a luz, mas o que é um som? O que é a luz? Para que se compreenda cada um destes é necessário fazer uma revisão com os alunos partindo do conceito de onda, sua natureza e propagação.

Após esta parte explicou-se que os sons que uma pessoa produz propaga-se causando compressão e rarefação no ar, e essas vibrações chegam ao microfone causando uma oscilação no diafragma do mesmo, causando uma perturbação no equilíbrio elétrico interno do FET que fará com que elétrons saiam da banda de valência para a banda de condução, gerando no dreno

uma corrente elétrica oscilante, explicando ao aluno do segundo ano e lembrando ao aluno do terceiro ano que a corrente nada mais é do que o fluxo de cargas elétricas, que a corrente contínua se mantém constante com o decorrer do tempo, enquanto a alternada se comporta de forma contrária, ou seja, que ela varia no decorrer do tempo, e essa variação de fluxo faz com que os elétrons livres no material tipo N no interior do LED se desloquem em direção as lacunas do material tipo P, que ao descerem de um nível para outro estes elétrons liberam energia na forma de luz. Vale ressaltar que a luz se comporta como onda ou partícula, a chamada dualidade onda-partícula, pois Einstein confirmou que a luz é formada por pequenos pacotes de energia chamados de fótons.

A luz oscilante do LED propaga-se pelo espaço como onda eletromagnética, que é composta por duas ondas perpendiculares entre si, uma elétrica e outra magnética, que ao atingir a superfície do LDR, faz com que sua resistência varie de acordo com a intensidade da luz. Lembrando que resistores são componentes eletrônicos com a função de limitar o fluxo de corrente, transformando energia elétrica em energia térmica por meio do Efeito Joule, sendo que existem resistores ôhmicos e não ôhmicos; os resistores ôhmicos são aqueles tem valores fixos, e os não ôhmicos são aqueles que alteram sua resistência, como o caso do LDR.

Como dito anteriormente, a luz é constituída de pequenos pacotes de energia, os fótons, que atingir o filamento da serpentina semicondutora do LDR, faz com que os elétrons entrem na banda de condução diminuindo a resistência do LDR, e quanto maior for a intensidade de luz incidente menor será sua resistência, e quanto menor for a intensidade luminosa maior será a resistência. Isto faz com que a tensão varie nas bobinas do fone de ouvido.

Neste momento, para que se compreenda o funcionamento do autofalante ou fone de ouvido, deve-se fazer uma abordagem básica sobre campos magnéticos, começando pelos ímãs permanentes, os ímãs possuem dois polos, o polo magnético norte e o polo magnético sul, quando dois polos iguais se aproximam surge uma força de repulsão, e quando polos contrários se aproximam ocorre uma força de atração. Da mesma forma ocorre quando um fio elétrico é percorrido por uma corrente contínua, mas como o objetivo é fazer o diafragma do autofalante vibrar, a corrente que deve percorrer sua bobina tem que ser variável, pois assim altera-se as polaridades do campo magnético.

Ao se alterar as polaridades do campo magnético da bobina contendo em seu interior um ímã permanente, haverá uma ação de atração e repulsão fazendo o diafragma vibrar para frente e para trás, e conseqüentemente gerando uma perturbação nas moléculas de ar, gerando

uma onda longitudinal, onde a vibração coincide com a direção de propagação, ocorrendo de forma tridimensional contrações e rarefações nas moléculas de ar reproduzindo o som que chega aos ouvidos humanos na mesma frequência de voz do locutor.

Observou-se que este experimento impactou de forma positiva os alunos, pois não imaginavam que um simples LED, um microfone, um fone de ouvido, um LDR e uma fonte de alimentação seriam capazes de fazer uma comunicação como um rádio transmissor. E por meio deste experimento foi feito uma comparação aos smartphones, onde o princípio de comunicação é o mesmo, mas que ao invés de usar luz visível, usa-se ondas eletromagnéticas que estão nas bandas de frequência de 800 Mega-hertz a 2,5 Giga-hertz, podendo transmitir não somente áudio como também sinais de dados.

Os semicondutores foram mencionados de forma superficial, pois seria necessário ministrar uma aula para que tivessem uma maior compreensão, mas foi solicitado no momento que apenas aceitassem isto como verdade, e que em uma outra ocasião, caso houvesse oportunidade, se faria uma abordagem sobre o assunto. O objetivo do experimento foi explicar os conceitos básicos de ondulatória, para que os alunos viessem compreender com mais facilidade estes conceitos de forma mais sólida, mas mesmo havendo outros fenômenos físicos envolvidos que se aplicam no fotofone, estes se tornam secundários mas não menos importantes que o fenômeno predominante do experimento que é o fenômeno ondulatório.

Devido a licença médica do professor da escola, assumi as turmas do ensino médio do período da tarde, e com a obtenção de acesso as cadernetas destas turmas, fez-se o acompanhamento das turmas do segundo e terceiro ano após o experimento, coletando dados quantitativos sobre o desempenho destes alunos por meio de suas notas avaliativas, verificando as médias de cada avaliação, e fazendo a comparação das médias do segundo semestre no qual se assumiu as turmas em relação as médias do primeiro semestre. Pois segundo Michel (2015):

A pesquisa quantitativa parte do princípio que tudo pode ser quantificável, [...] Trata-se da atividade de pesquisa social que usa a quantificação tanto nas modalidades de coleta de informações, quanto no tratamento dessas, através técnicas estatísticas, desde as mais simples como: percentuais, média, desvio-padrão, as mais complexas, como coeficiente de correlação, análise de regressão, entre outras”. (MICHEL, 2015, p.41).

No gráfico 1 têm-se as médias das quatro avaliações do ano letivo de 2022 para as turmas do 2º ano, sendo que a cor verde corresponde as médias do primeiro semestre e a cor dourada corresponde ao segundo semestre. Da mesma forma é apresentado o gráfico 2 em relação as turmas do 3º ano.

Gráfico 1 – Média 3º Ano

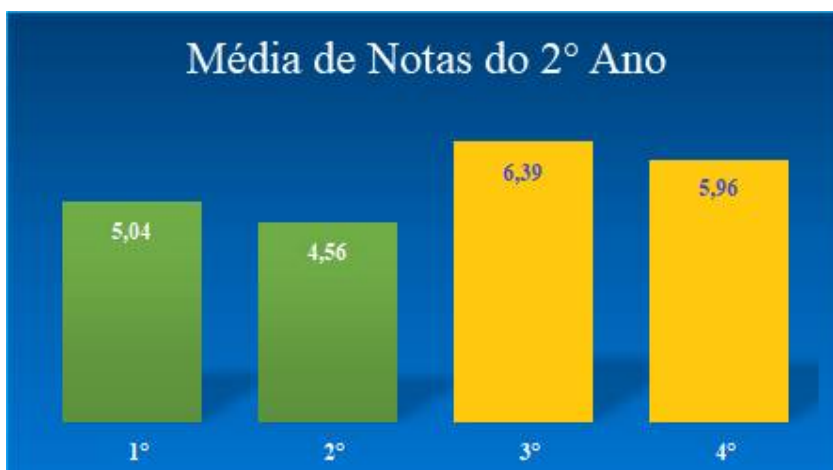
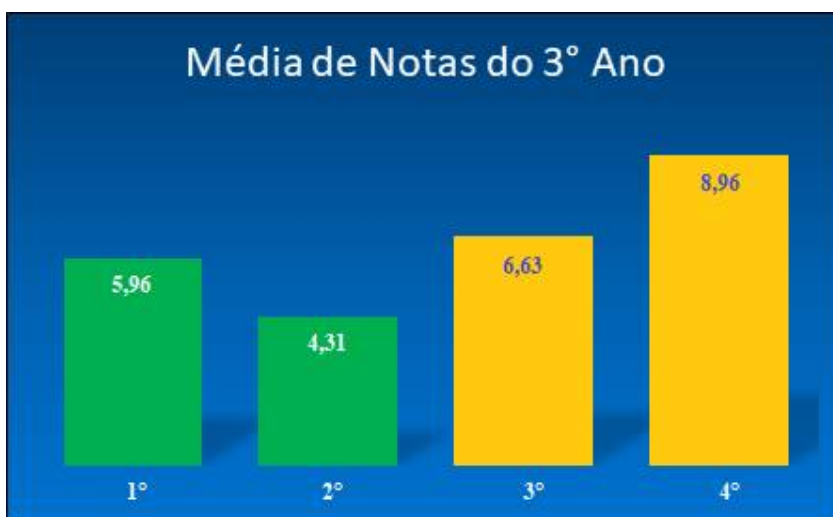


Gráfico 2 – Média 3º Ano



Observa-se no gráfico 1, que durante o segundo semestre os alunos do 2º ano do ensino médio obtiveram uma evolução na média de suas notas em 28,65%, enquanto no gráfico 2, os alunos do terceiro ano obtiveram uma evolução de 51,6% em suas médias, no entanto, é importante lembrar que esses dados fornecem apenas uma visão geral do desempenho dos alunos. Além disso, verifica-se que o uso do experimento apresenta resultados positivos, o que indica que a aplicação desta metodologia, junto com uma pesquisa quali-quantitativa podem trazer resultados mais sólidos, visando atender a um dos objetivos dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN).

Pois de acordo com os Parâmetros Curriculares Nacionais, é essencial que a experimentação seja uma parte constante do processo de aprendizagem do aluno em Física. Isso

permite que os alunos desenvolvam habilidades práticas, como fazer, manusear e operar em vários níveis e formas, além de construir conhecimentos físicos mais significativos e outras habilidades importantes, como interagir, questionar e investigar. (BRASIL, Parâmetros Curriculares Nacionais, 2023, p. 84). Ressalta-se que para atender a isto, é necessário investimento em programas de laboratórios que sejam realmente voltados para a educação, na área de biologia, química e física, que venham engajar os estudantes na prática de ciências a partir do nível fundamental e ao longo do nível médio, para que cheguem ao nível superior com sua base de conhecimento consolidadas.

VII-CONCLUSÃO

Observou-se que ao dizer que se faria uma demonstração de um experimento, acabou por despertar a curiosidade dos alunos sobre o mesmo, e ficaram surpresos ao ver uma comunicação sem fio por meio da luz visível. Utilizando componentes comuns de fácil acesso no mercado, e com a reciclagem de alguns destes componentes ou objetos que certamente estariam contaminando o ambiente por não existir uma política adequada para este tipo de descarte.

Com o interesse de saber como o experimento funcionou, verifiquei que os alunos tiveram uma maior atenção à explicação dos conceitos físicos envolvidos, o que permitiu a eles uma maior compreensão destes conceitos e sua aplicação na construção de tecnologias, tendo como exemplo o próprio smartphone. Isto possibilitou uma maior aproximação entre professor e aluno, abrindo espaço para uma conversa mais aberta, inclusive individualmente, o que permitiu estabelecer um grau de confiança, onde expuseram seus problemas e quais as dificuldades que tinham no processo de aprendizagem.

Realizou-se um processo de recuperação destes alunos principalmente naqueles que sentiam mais dificuldades, adaptando os conceitos para uma linguagem mais clara de forma a que viessem entender estes conceitos físicos, com uma explicação mais aprofundada das ferramentas matemáticas nas resoluções de cada exercícios, dando-se principalmente uma maior atenção aos alunos com maior deficiência de notas, pois como se possuía acesso a caderneta, tornou-se mais fácil identificar estes alunos e iniciar uma etapa de recuperação para que viessem melhorar suas notas.

Verificou-se que isto foi um grande diferencial, pois os alunos ficaram muito mais motivados, a disciplina deixou de ser algo assustador tornando o processo ensino-aprendizagem muito mais tranquilo. De uma forma geral, conforme os gráficos apresentados, suas notas evoluíram para um nível satisfatório, porém, como demonstrado no gráfico 1 houve uma queda no desempenho dos alunos do 2º ano, pensou-se em princípio que poderia ter decorrido a antecipação do calendário escolar, no qual ocorreu uma aceleração no conteúdo programático deste semestre, contudo, ao ter contato com estes alunos para saber da eventual falha no processo de educação ministrado, foi esclarecido ao educador que acontecimentos externos afetaram diretamente a estrutura emocional destes alunos durante o período da avaliação final.

Houve a intenção de levar estes alunos ao laboratório de demonstração (LABDEMON) da UFPA, mas que não foi possível devido a antecipação do calendário escolar. Sugere-se em trabalhos futuros, levar os alunos ao LABDEMON com o intuito de inspirá-los a participar ao se promover na escola uma feira de ciências, para que eles tenham mais contato com a experimentação no qual os fará se aprofundarem nos conceitos físicos envolvidos de seus experimentos, aproveitando esta ocasião para fazer uma pesquisa quali-quantitativa.

Conclui-se que a utilização do experimento em sala de aula é uma ferramenta eficaz para o processo de ensino-aprendizagem, atingindo desta forma o objetivo proposto deste trabalho, salientando que se trata de um experimento simples, de baixo custo e de pequenas dimensões, no qual pode ser levado a sala de aula caso haja a impossibilidade dos alunos frequentarem o laboratório, ou mesmo a inexistência deste na escola. Sendo este experimento muito bem-sucedido em despertar o interesse do aluno nos conceitos físico envolvidos, desmistificando a disciplina como algo difícil de se compreender, e demonstrando o quanto estes conceitos físicos estão relacionados ao seu cotidiano e a importância da aplicação destes conceitos no desenvolvimento de tecnologias, além de permitir um maior contato na relação professor-aluno.

VIII-BIBLIOGRAFIA

1-BELL, A. G. **The Photophone**. Science. Vol. 1. Nº 11 (sep. 11,1880). p. 130-134. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/2900889?origin=JSTOR-pdf>. Acesso em: 23 mai. 2023.

2-BÔAS, N. V.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. **Física 2: Termologia, ondulatória, Óptica**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.

3-BRASIL; **Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio**. Ciências da Natureza, Tecnológica. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/CienciasNatureza.pdf>. Acesso em: 21 jun. 2023.

4-EINSTEIN, A. **Do ponto de vista heurístico da produção e transformação da luz**. annalen der physik. Vol. 322. 6 Ed. P. 132-148, 1905. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.19053220607>. Acesso em 5 mai. 2023.

5-FRAZÃO, D. **Alexander Graham Bell**. Biografia. 2019. Disponível em: [https://www.ebiografia.com/alexander_graham_bell/#:~:text=Alexander%20Graham%20Bell%20\(1847%2D1922,3%20de%20mar%C3%A7o%20de%201847](https://www.ebiografia.com/alexander_graham_bell/#:~:text=Alexander%20Graham%20Bell%20(1847%2D1922,3%20de%20mar%C3%A7o%20de%201847). Acesso em: 23 mai. 2023.

6-GASPAR, A. **Compreendendo a Física: Ondas, Óptica, Termodinâmica**. Volume 2. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

7-GONÇALVES, E. J. **Uso de um dispositivo LDR para o ensino de semicondutores fotoresistivos**. Dissertação (Mestrado em Física). Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Departamento Acadêmico de Física, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Paraná, p. 43. 2019. Disponível em: <https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/4740>. Acesso em: 20 mai. 2023.

8-HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física 2**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

9-HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; KRANE, K. S. **Física 4**. 5. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

10-HEWITT, P. G. **Física conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

11-KNIGHT, R. D. **Física: Uma Abordagem Estratégica**. Volume 2. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009.

12-MICHEL, M. H. **Metodologia e Pesquisa Científica em Ciências Sociais: um guia prático para acompanhamento da disciplina e elaboração de trabalhos monográficos**. São Paulo, Atlas, 2015.

13-NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de física básica 2: Fluidos, Oscilações e Ondas, Calor**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

14-PAULA, B. B.; OLIVEIRA; MARTINS, C. B. Análise do Uso da Cultura Maker em Contextos Educacionais: Revisão Sistemática da Literatura. Revista Novas Tecnologias na Educação, Porto Alegre, v. 17, n. 3, p. 447–457, 2019. DOI: 10.22456/1679-1916.99528. Disponível em: <https://seer.ufrgs.br/index.php/renote/article/view/99528>. Acesso em: 22 jun. 2023.

15-RUI, L. R.; STEFFANI, M. H. Física: “som e audição humana”, Simpósio Nacional de Ensino de Física (17: 2007 jan. 29/fev. 02: São Luís, MA). [Anais]. São Luis: SBF, 2007. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/30450>

APÊNDICE

Alunos acompanhando explicação dos fenômenos físicos envolvidos durante a execução do experimento.

