



**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDAS:  
UMA ABORDAGEM TEÓRICO-EXPERIMENTAL**

Regiane Nunes Dronov Murgi

Dourados

2016



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS  
FACULDADE DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA  
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA**

**PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDAS:  
UMA ABORDAGEM TEÓRICO-EXPERIMENTAL**

Regiane Nunes Dronov Murgi

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Física, polo da Universidade Federal da Grande Dourados do Curso de Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. José Ezequiel de Souza

Coorientadora: Profa. Dra. Ariane Baffa Lourenço

Dourados

2016

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).**

M976p Murgi, Regiane Nunes Dronov.  
Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental. / Regiane Nunes Dronov Murgi. – Dourados, MS : UFGD, 2016.  
125 p. : il. ; 30 cm.

Orientador: Prof. Dr. José Ezequiel de Souza  
Coorientadora: Profa. Dra. Ariane Baffa Lourenço

Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) – Faculdade de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Ensino de ondas. 2. Atividades experimentais investigativas.  
3. Sequência Didática. 4. Circuito elétrico gerador de ondas. I. Título.

**Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.**

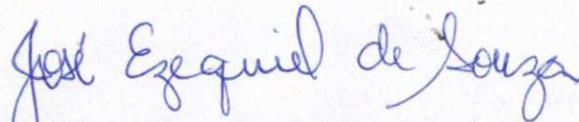
**©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.**

PROPOSTA DE SEQUÊNCIA DIDÁTICA PARA O ENSINO DE ONDAS: UMA  
ABORDAGEM TEÓRICO-EXPERIMENTAL

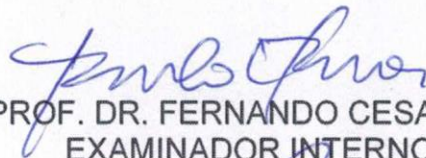
POR

**REGIANE NUNES DRONOV MURGI**

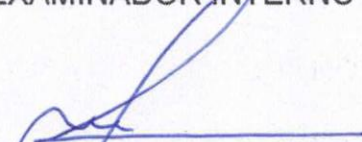
DISSERTAÇÃO APRESENTADA À UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE  
DOURADOS (UFGD), COMO PARTE DOS REQUISITOS EXIGIDOS PARA  
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM ENSINO DE FÍSICA”.



PROF. DR. JOSÉ EZEQUIEL DE SOUZA  
ORIENTADOR – UFGD



PROF. DR. FERNANDO CESAR FERREIRA  
EXAMINADOR INTERNO – UFGD



PROF. DR. PEDRO DONIZETE COLOMBO JUNIOR  
EXAMINADOR EXTERNO – UFTM

Aprovada em 25 de novembro de 2016.



À minha família que sempre me apoiou e aos professores do curso pela dedicação e conhecimentos compartilhados.

Muito obrigada.





## **AGRADECIMENTOS**

Quero agradecer de forma especial ao meu orientador, Prof. Dr. José Ezequiel de Souza, por toda dedicação e atenção que teve em ajudar-me na elaboração deste trabalho.

Quero agradecer imensamente a Profa. Dra. Ariane Baffa Lourenço pela coorientação, e também pela sua dedicação no desenvolvimento deste trabalho, com seu talento, inteligência, competência e experiência, muito obrigada professora.

Aos professores do curso André Luiz Martinez, Seila Rojas de Souza, Eriton Rodrigo Botero, Giovani Manzeppi Faccin, Fábio Alencar dos Santos, Fernando Cesar Ferreira, Marcio Roberto da Silva Oliveira e Márcio da Silva Figueiredo, que dedicaram parte de seu tempo para dar atenção as nossas dificuldades, como também de nos encorajar a enfrentar as dificuldades durante o percurso acadêmico.

À Universidade Federal da Grande Dourados, pela oportunidade de ter cursado este Mestrado Profissional em Ensino de Física. Espero poder contribuir com a sociedade posteriormente, com tudo o que aprendi.

À Sociedade Brasileira de Física pela criação do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física (MNPEF), que proporcionou a oportunidade de ampliar os meus conhecimentos.

À Faculdade de Tecnologia (FATEC) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI), unidade de Dourados-MS, por permitir utilizar dos espaços como sala de aula e laboratórios para aplicar o produto do mestrado e coletar os dados para elaborar essa dissertação.

Aos gerentes da FATEC SENAI Dourados-MS, Yashi Sakimoto de Miranda, Flávia Ferreira Dias Lopes e Wilson Antonio Vendimiati, que concederam as tardes de sexta-feira para que eu pudesse estar presente nas aulas do Mestrado.

Aos alunos do Curso Técnico em Automação Industrial que se mostraram mais do que dispostos em participarem da pesquisa, e conduziram com seriedade todo o processo.

Agradeço as minhas queridas amigas e companheiras da turma do mestrado, Marilaine, Danyara, Luana e Adrieli, que conviveram comigo em vários momentos de alegrias e descontração, e também partilharam momentos de tristeza e dificuldades no mestrado. Um dia vamos sentar juntas e partilhar as lembranças. Muito obrigada, “meninas do mestrado”, por ter conhecido vocês.

Ao meu esposo, Jorge Murgi Filho, por ter me apoiado em todos os momentos, e também por não ter me deixado desanimar e desistir em nenhum momento.

Ao meu querido pai, Jorge Dronov, e a minha querida mãe, Antonia Aldenora Nunes Dronov, por todos os ensinamentos e valores que me passaram ao longo da minha vida.

À minha querida e amada filha, Mariana Dronov Murgi, que é minha maior companheira. Sendo assim Amor, você foi e é a minha maior inspiração que eu tenho para superar qualquer obstáculo que eu possa enfrentar. Também quero lhe dizer que eu tenho muito orgulho de ter você como minha filha.

## RESUMO

MURGI, Regiane Nunes Dronov. **Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental**. 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados - Dourados/MS, 2016.

Esta pesquisa configura-se pela elaboração e implementação de um produto educacional junto a uma turma de nível técnico em Automação Industrial da FATEC SENAI da cidade de Dourados-MS. Aulas expositivas acrescidas da realização de Atividades Experimentais Investigativas (AEI) focadas na montagem e exploração de circuitos elétricos nortearam o estudo e serviram como referência para a montagem de uma Sequência Didática constituída de seis momentos envolvendo atividades investigativas, ambas propiciam a aprendizagem dos conceitos de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas. No primeiro momento buscou-se identificar os conhecimentos prévios dos estudantes sobre ondas, no segundo foi trabalhado a parte teórica de ondas eletromagnéticas, bem como o levantamento de uma problemática, e registro de hipóteses. No terceiro momento os estudantes realizaram a primeira AEI com o intuito de responder à pergunta problema do momento anterior, no quarto momento foi realizado a exploração da parte teórica de ondas sonoras, bem como a realização da segunda pergunta problema, e registro de hipóteses. No quinto momento os estudantes desenvolveram a segunda AEI com o circuito elétrico gerador de ondas para tentar responder à pergunta problema realizada no momento anterior, e no sexto e último momento os alunos elaboraram relatos escritos e apresentaram na forma de seminário. Todas essas atividades foram trabalhadas em um total de 24 horas-aula, sendo que cada momento era de 4 horas-aula. Vários recursos foram utilizados para coletar os resultados, como gravações de áudios, vídeos, aplicação de questionário, registro de hipóteses e elaboração de relatos escritos por parte dos estudantes. Esses dados foram analisados em três etapas, sendo que a primeira apresenta detalhadamente as atividades feitas em cada momento, a segunda faz a contextualização das falas registradas nos áudios e vídeos, e a terceira é a análise das respostas obtidas com o questionário, as hipóteses registradas, e dos relatos escritos. Com isso, foi possível concluir que a Sequência Didática e o circuito elétrico gerador de ondas contribuíram de forma positiva para apropriação conceitual dos estudantes sobre o tema em questão.

**Palavras-chave:** Ensino de ondas, Atividades experimentais investigativas, Sequência Didática, Circuito elétrico gerador de ondas.



## ABSTRACT

MURGI, Regiane Nunes Dronov. **Waves teaching sequential didactic proposition: a theoretical-experimental approach.** 2016. 125 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Grande Dourados - Dourados/MS, 2016.

This paper is set by elaboration and implementation of an educational product in a technical degree course in Dourados-MS city. Two research questions guided the study and give meaning as reference for mounting a Didactic Sequential built in six moments involving investigative activities, both of them propitiated the concepts learning of sound and electromagnetic waves, by expositive classes and doing Investigative Experimental Activities (IEA), focused on mounting and exploration of electrical circuits. At first gone identify the previous knowledges of the students about waves, in the second moment was worked the theory of electromagnetic waves, so as the setting-up of the problem and also the hypothesis registry. In the third moment the students done the first IEA meaning to answer the problem question of the previous moment, in the fourth moment were done the exploration of the theory of sound waves, as well the doing of second problem question, and hypothesis registry. In the fifth moment the students developed the second IEA with the wave generator electrical circuit for trying to answer the problem question done in the moment before, and in the sixth moment, the last one, and the students done write report and presented as a seminary. All these activities were worked in a totalized 24 class time, being each moment of 4 class time. Many resources were used for resulted collect, as audio record, movie, and questionnaires application, hypothesis registry and written reports doing by the students. These data were analyzed in three stages, were the first one presents the activities done in each moment with details, the second one does the contextualization of spoken records in audios and movies, and the third is the analysis of answer gotten with the questionnaire, the registered hypothesis, and written reports. With this, were able to conclude that the Didactic Sequential and the wave generator electrical circuit contributed in a positive way for the students' concepts evolution.

**Keywords:** Waves teach, Experimental investigative activities, Didactic sequence, Wave generation electric circuit.



## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1 - Ilustração de uma onda transversal sendo originada. Fonte: Young e Freedman (2003). 29
- Figura 2 - Ilustração de uma onda longitudinal sendo gerada. Fonte: Young e Freedman (2003). 29
- Figura 3 - Ilustração da geração de uma onda transversal e uma onda longitudinal. Fonte: Young e Freedman (2003). 30
- Figura 4 - Características (amplitude  $[A]$ , comprimento  $[\lambda]$ , período  $[T]$ ) presentes nas ondas. Fonte: Young e Freedman (2003). 31
- Figura 5 - Variação da pressão e densidade de um meio, onde C significa compressão e R significa rarefação. Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/328494/> 31
- Figura 6 - Ilustração de uma onda eletromagnética, propagando-se na direção  $x$ , onde  $\vec{E}$  é o campo elétrico,  $\vec{B}$  é o campo magnético e,  $c$  velocidade da luz. Fonte: Young e Freedman (2003). 34
- Figura 7 - Ilustração dos momentos em que ocorreu a aplicação das atividades investigativas. Fonte: Autoria própria. 39
- Figura 8 - Ilustração dos palitos de picolé colados sobre um barbante. Fonte: Autoria própria. 40
- Figura 9 - Imagem do simulador de ondas. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string). 41
- Figura 10 - Imagem do simulador Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faraday](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday). 43
- Figura 11 - Imagem do vídeo sobre a Lei de Lenz. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>. 43
- Figura 12 - Vídeo sobre a descoberta das ondas de rádio (Maxwell e Hertz). Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBY19V6o>. 44
- Figura 13 - Simulador de ondas sonoras obtido pelo sítio do programa PhET. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound). 46
- Figura 14 - Produto educacional elaborado pela autora da pesquisa. Fonte: Autoria própria. 47

Figura 15 - Alunos organizados em grupos realizando uma das atividades. Fonte: Autoria própria.	52
Figura 16 - Imagem retirada do vídeo sobre a Lei de Lenz. Fonte: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc">https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc</a> .	59
Figura 17 - Alunos discutindo a montagem do esquema elétrico. Fonte: Autoria própria.	63
Figura 18 - Circuito elétrico montado e com o LED. Fonte: Autoria própria.	63
Figura 19 - Circuito com LED apagado e aceso. Fonte: Autoria própria.	65
Figura 20 - Ilustração de um carregador de celular smartphone. Fonte: <a href="http://www.infoescola.com.br">www.infoescola.com.br</a> .	66
Figura 21 - Integrantes do grupo discutindo o processo de montagem. Fonte: Autoria própria.	71
Figura 22 - Circuito elétrico ligado na caixa de som e osciloscópio. Fonte: Autoria própria.	72
Figura 23 - Integrante do grupo girando o potenciômetro. Fonte: Autoria própria.	73
Figura 24 - Ilustração do aluno girando o cursor do potenciômetro, e LED aceso. Fonte: Autoria própria.	75
Figura 25 - Conhecimentos prévios dos estudantes sobre o que é uma onda e como ela pode ser gerada. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	78
Figura 26 - Conhecimentos prévios sobre a relação do termo onda. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	79
Figura 27 - Desenhos feitos pelos alunos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	79
Figura 28 - Respostas referente ao quinto item do questionário. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	80
Figura 29 - Desenhos feitos pelos alunos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	81
Figura 30 - Respostas dadas pelos alunos ao quarto item do questionário. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	81
Figura 31 - Hipóteses levantadas pelos estudantes (primeira pergunta problema). Fonte: Sujeitos da pesquisa.	82



Figura 32 - Exemplos de conclusão elaborada pelos alunos. Fonte: Sujeitos de pesquisa.	84
Figura 33 - Hipóteses levantadas pelos estudantes (segunda pergunta problema). Fonte: Sujeitos da pesquisa.	85
Figura 34 - Relato escrito. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	87
Figura 35 - Recorte de um relato escrito de um dos grupos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	89
Figura 36 - Recorte da conclusão de um relato escrito por um grupo. Fonte: Sujeitos da pesquisa.	89



## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	21
2	REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO .....	25
2.1	Ensino por investigação .....	25
2.2	Atividade experimental numa perspectiva investigativa .....	26
2.3	Circuitos elétricos e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC).....	27
2.4	Conceitos de Física: Ondas.....	28
3	METODOLOGIA .....	37
3.1	Contexto da pesquisa .....	38
3.2	Descrição dos momentos .....	39
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	51
4.1	Resultados das aplicações das atividades .....	51
4.2	Discussão dos resultados .....	76
4.2.1	Primeiro momento: Conhecimentos prévios obtidos com o questionário .....	76
4.2.2	Segundo e terceiro momentos: Hipóteses e conclusões elaboradas .....	82
4.2.3	Quarto, quinto e sexto momentos: Hipóteses e relatos escritos.....	84
4.2.4	Relato completo.....	86
5	CONCLUSÕES .....	93
	REFERÊNCIAS .....	95
	APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO .....	101
	APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO.....	103
	APÊNDICE C: TEXTO SOBRE ONDAS.....	105
	APÊNDICE D: TEORIA SOBRE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS .....	107
	APÊNDICE E: TEXTO – VIAGEM NO TEMPO .....	115
	APÊNDICE F: ROTEIRO EXPERIMENTAL I.....	117
	APÊNDICE G: TEORIA SOBRE ONDAS SONORAS .....	119
	APÊNDICE H: ROTEIRO EXPERIMENTAL II.....	123
	APÊNDICE I: FOLHA PARA RELATO .....	125



# CAPÍTULO 1

## INTRODUÇÃO



## 1 INTRODUÇÃO

O estudo de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas é a base para estudantes de diferentes níveis de escolaridade compreenderem uma diversidade de fenômenos físicos ligados a ondulatória, como por exemplo, acender uma lâmpada ao pressionar um interruptor, aumentar/diminuir o volume de um aparelho de som, ligar/desligar um televisor ao exercer uma pressão sobre o botão do controle remoto, conectar o celular ou computador com a internet, escutar o som produzido por um trovão, aquecer um alimento no micro-ondas, fazer um exame de raios X, realizar algum tipo de tratamento a laser, entre outros.

No entanto, apesar da relevância da temática, a forma como o ensino de ciências vem abordando os conteúdos de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras nas escolas pouco tem contribuído para despertar o interesse dos estudantes para aprendizagem significativa dos conceitos. Um documento elaborado pela UNESCO (2005), com o título de “Ciência na escola: um direito de todos”, apresenta algumas ressalvas sobre como são trabalhados os conteúdos de ciências nas escolas brasileiras, dentre elas destaca-se que as escolas pouco estabelecem uma relação entre o que é repassado em sala de aula e sua aplicação no cotidiano.

A referida pesquisa (UNESCO, 2005) também aponta que a maioria das escolas brasileiras adota um ensino de ciências tradicional, o qual geralmente restringe a participação e forma de pensar dos alunos, o que pode contribuir para um déficit no processo de ensino, além de dificultar a aprendizagem e o interesse dos alunos pelos estudos desta área de conhecimento.

Nessa mesma perspectiva, os Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2001) apontam para a necessidade de possíveis modificações no ensino de ciências. Dentre as mudanças o documento propõe que o aluno não só adquira o conhecimento conceitual, mas também de atitudes e procedimentos. Tais aspectos são também apontados por Carvalho (2006).

Exige-se agora que o ensino consiga conjugar harmoniosamente a dimensão conceptual da aprendizagem disciplinar com a dimensão formativa e cultural. Propõe-se ensinar Ciências a partir do ensino sobre Ciências. O conteúdo curricular ganha novas dimensões ao antigo entendimento do conceito de conteúdo. Passa a incluir, além da dimensão conceitual, as dimensões procedimentais e atitudinais [...] (CARVALHO, 2006, p. 3).

Ainda segundo Carvalho (2006), faz-se necessário mudanças nas metodologias de ensino, porque a forma como o ensino de ciências vem sendo trabalhado nas escolas contribui para que os estudantes criem aversão pelas disciplinas voltadas a esta área do conhecimento, em especial da Física, e não consigam uma apropriação dos conceitos. Uma das possibilidades para contribuir com a mudança deste quadro seria substituir o ensino tradicional por uma metodologia de ensino investigativo, algo que propiciaria um maior envolvimento dos estudantes em situações problemas (ALMEIDA, 2014).

Uma atividade que pode ser elaborada em uma perspectiva investigativa em sala de aula é a experimentação, configurando-se em Atividades Experimentais Investigativas (AEI). As AEIs podem colaborar para suscitar a curiosidade, a reflexão, o pensamento crítico, o raciocínio lógico e habilidades cognitivas (GIANI, 2010; CASSARO, 2012; SENRA; BRAGA, 2014).

Diante da importância em trabalhar conteúdos de Física em uma perspectiva investigativa, e na busca de motivar os alunos ao Ensino de Física, elaborou-se uma Sequência Didática com o intuito de ensinar as propriedades e características de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas em uma perspectiva investigativa. Visando gerar conhecimento sobre esta problemática este estudo foi pautado nas seguintes questões de pesquisa, a saber:

*Como trabalhar numa perspectiva investigativa a temática de ondas em uma Sequência Didática?*

*Como a Sequência Didática elaborada contribui para a apropriação dos conceitos científicos dos estudantes sobre as temáticas de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas?*

O trabalho está dividido da seguinte maneira: neste primeiro capítulo temos uma breve introdução e, no segundo capítulo são apresentadas uma breve introdução sobre o uso da metodologia investigativa e das atividades experimentais investigativas, a importância de trabalhar com Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC), e, também, um levantamento bibliográfico sobre ondas mecânicas (ondas sonoras) e ondas eletromagnéticas. No terceiro capítulo é feita uma contextualização do ambiente em que este estudo foi desenvolvido, os sujeitos envolvidos na pesquisa, uma síntese das atividades trabalhadas e os instrumentos utilizados para coletar os dados. No quarto capítulo é apresentada a análise dos resultados obtidos, e no quinto capítulo tem-se as considerações finais, nos quais são respondidas as duas questões de pesquisa, incluindo uma perspectiva sobre a importância de se trabalhar com atividades experimentais investigativas envolvendo circuitos elétricos.



# CAPÍTULO 2

REFERENCIAL

TEÓRICO-METODOLÓGICO



## 2 REFERENCIAL TEÓRICO-METODOLÓGICO

### 2.1 Ensino por investigação

O Ensino por Investigação teve sua origem nos Estados Unidos em meados do Século XIX, inspirado pelas ideias do filósofo Dewey (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011). Na atualidade, o ensino nesta perspectiva é quase uma anuência nos países Europeus e da América do Norte; no entanto, no Brasil, pode-se considerar que seu uso ainda é aquém do esperado (ZÔMPERO; LABURÚ, 2011; MUNFORD; LIMA, 2007; SÁ; LIMA; AGUIAR, 2011). Esta metodologia é requerida no ensino de ciências, visto que pode contribuir a uma maior interação/construção do pensamento entre os estudantes e professores, e pode colaborar na compreensão dos conceitos e no processo de argumentação dos estudantes no processo de ensino (SASSERON; CARVALHO, 2011; MAUÉS; LIMA, 2006).

Atividades investigativas propiciam melhorar a interação entre teoria/prática/cotidiano, a interdisciplinaridade, a apropriação das habilidades sobre a cultura científica, possibilitando momentos para o estudante levantar/testar/rever hipóteses. Além disso, colaboram também na elaboração de conclusões, contribuem para um maior envolvimento entre alunos/conteúdos/professor e ensina os alunos a utilizarem as novas tecnologias (CARVALHO, 2011). Também importante, as atividades investigativas são realizadas com os estudantes reunidos em grupos, criando um ambiente propício para aprendizagem significativa e tornando as aulas diferenciadas (MAUÉS; LIMA, 2006; AZEVEDO, 2004).

Nessa metodologia de ensino, professores e alunos passam a assumir posturas diferentes do ensino tradicional em que o professor transporta o conhecimento e o aluno o recepta. Nas atividades investigativas ambos compreendem que o processo de ensino e aprendizagem não é algo estático e sim dinâmico, ocorrendo interações entre as pessoas envolvidas no processo (SOUZA; SASSERON, 2012; SASSERON, 2015). Assim:

Em um ambiente de ensino e aprendizagem baseado na investigação, os estudantes e os professores compartilham a responsabilidade de aprender e colaborar com a construção do conhecimento. Os professores deixam de ser os únicos a fornecerem conhecimento e os estudantes deixam de desempenhar papéis passivos de meros receptores de informação (SÁ et al., 2007, p. 3).

Nesse contexto, o professor exerce a função de ser um orientador, questionador e provocador, com o intuito de tentar elevar os conhecimentos prévios que os alunos têm sobre o conteúdo a ser trabalhado para próximo do conhecimento científico (CARVALHO, 2011); e os estudantes diante da problemática levantam hipóteses, desenvolvem as atividades, elaboram conclusões e sistematizam as hipóteses iniciais.

As atividades investigativas possibilitam ainda as interações sociais entre os alunos e professores, contribuindo, para uma socialização dos conhecimentos e habilidades entre os mesmos, sobretudo quando as atividades propostas possuem um certo grau de dificuldade em que se faz necessário a socialização dos conhecimentos para que a tarefa seja desenvolvida com êxito. Dessa forma:

“As interações sociais são uma característica marcante de qualquer atividade investigativa, pois ela deve propiciar aos estudantes momentos para argumentar em favor da ideia, identificar pontos positivos e negativos de uma afirmação, avaliar a validade de argumentos utilizados. Tais procedimentos são essenciais para avançar com o auxílio do professor e dos demais colegas, na busca de uma explicação com base na ciência para resolução do problema proposto” (MÁXIMO; ABIB, 2013, p. 3-4).

## **2.2 Atividade experimental numa perspectiva investigativa**

Uma das atividades no Ensino de Ciências que pode ser realizada com caráter investigativo é a Atividade Experimental (AE). A atividade investigativa nesta perspectiva, ou seja, de Atividade Experimental Investigativa (AEI), não deve conter roteiros prontos e fechados, em que os estudantes executam todas as etapas pré-definidas sem ao menos ter a oportunidade de questionar, ou mesmo compreender o processo desenvolvido. Os roteiros devem ser abertos no intuito de propiciar momentos de discussões sobre como realizar a AE e inspirar os alunos a levantarem hipóteses, permitir o diálogo entre os componentes do grupo, possibilitar a sistematização do conhecimento adquirido confrontar resultados com as hipóteses levantadas no início, resultando na construção de uma conclusão coerente e na percepção de aplicação do tema no cotidiano (SASSERON; CARVALHO, 2011).

As AEIs podem ser de natureza demonstrativa, em que o professor apresenta um problema e realiza a atividade. No entanto, o professor deve estar atento para não responder aos questionamentos sem conceder o tempo necessário para os estudantes pensarem, ou mesmo argumentarem sobre a problematização apresentada (CARVALHO et al., 1998).

As AEIs também podem ser no formato de laboratório aberto em que estratégias são trabalhadas para tentar solucionar um problema experimental e o professor assume um papel de mediador do processo (CARVALHO et al., 1998). É importante notar que em ambos os casos, AEI de demonstração e laboratório aberto, os alunos possuem um papel ativo em que levantam hipóteses, socializam as ideias, sobre os conceitos e variáveis envolvidas e formulam suas conclusões.

Como em ambas AEIs descritas é proposto um problema experimental a ser resolvido, dois aspectos importantes devem ser levados em consideração: disponibilizar os materiais necessários para a realização da atividade experimental e, desenvolver as atividades com os estudantes reunidos em grupo. Na sequência os alunos tentam solucionar o problema manipulando os equipamentos e sistematizando as hipóteses iniciais (CARVALHO, 2011). Ao término das etapas das AEIs, é importante realizar a avaliação da aprendizagem com atividades que proporcionem momentos para os alunos refletirem sobre o processo, sem utilizar avaliações classificatórias (CARVALHO, 2011).

### **2.3 Circuitos elétricos e Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC)**

A atual divulgação do Índice de Desenvolvimento da Educação Básicas (IDEB, 2016) mostrou que os estudantes do ensino médio das escolas públicas e privadas do Brasil tiveram um desempenho abaixo do esperado. Isso significa que a qualidade da educação brasileira piorou nos últimos anos, ou seja, um déficit na aprendizagem o qual os Parâmetros Curriculares Nacional (PCN) já havia alertado no ano de 2001, mostrando que os alunos estavam aprendendo pouco. Toda essa problemática, revela que as escolas estão trabalhando os conteúdos de forma pouca atrativa (ROCHA; MARRANGHELLO; LUCHESE, 2014).

Para tentar diminuir esse déficit da aprendizagem é importante que o professor trabalhe com atividades que envolvam os estudantes no processo de ensino, sendo uma das possibilidades desenvolver AEIs aliadas a Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) (DORNELES, 2010). A inserção da TIC dentro do ambiente escolar, mais precisamente em atividades práticas no laboratório contribui para a motivação/envolvimento dos estudantes na aprendizagem; além disso, pode despertar o interesse dos alunos pelas carreiras que envolvem ciência e tecnologia (ROCHA; MARRANGHELLO; LUCHESE, 2014).

A montagem e o uso de circuitos elétricos podem ser trabalhados em consonância com a TIC, já que esses recursos possuem fácil aplicação nos laboratórios, ou mesmo dentro da sala de aula, propiciando um aprendizado dinâmico dos conceitos físicos e matemáticos.

Além disso, existe uma grande variedade de circuitos que são de fácil montagem, com protótipos simples e de baixo custo, porém versáteis e com várias funcionalidades (ROCHA; MARTINS-FILHO; MACHADO, 2005).

Um bom exemplo é a utilização da placa de Arduino nas aulas de Física, pois é uma plataforma de prototipagem eletrônica controlada por um hardware, que:

“[...] Possui microprocessador, memória RAM, memória flash (para guardar o software), temporizadores, contadores, dentre outras funcionalidades [...]. Como a interface do Arduino com outros dispositivos está mais perto do meio físico que a de um PC, podemos ler dados de sensores (temperatura, luz, pressão) e controlar outros circuitos (lâmpadas, motores, eletrodomésticos etc.) [...]” (JUSTEN, 2008, p. 8).

Com isso, os estudantes aprendem programação e vários conceitos físicos com os programas já existentes para essa finalidade. Já o professor tem a oportunidade de inovar o laboratório didático e desenvolver projetos interdisciplinares. Tudo isso, sem deixar de mencionar que este é um recurso tecnológico próximo da realidade dos estudantes (ROCHA; MARRANGHELLO; LUCHESE, 2014).

## **2.4 Conceitos de Física: Ondas**

Dentre os estudos realizados na Física destaca-se o tema envolvendo vibrações e oscilações. Isso porque os fenômenos ondulatórios estão presentes em muitas situações cotidianas como uma música que chega aos nossos ouvidos, ou mesmo uma pessoa aproveitando das oscilações das ondas para surfar, ou ainda um sinal sendo captado por um celular. Além disso, os fenômenos ondulatórios possuem uma infinidade de aplicações tecnológicas como em um aparelho de raios X, em um micro-ondas, nos radares, nos satélites, nos aparelhos celulares, entre outros (YOUNG; FREEDMAN, 2003). Soma-se a isso o fato que o conteúdo de ondas é amplamente utilizado nas mais variadas Ciências, tanto na Física, como na Química, Biologia, Medicina, entre outras (YOUNG; FREEDMAN, 2003).

Uma onda surge quando uma perturbação é realizada num meio qualquer e se propaga provocando uma perturbação em um sistema antes em equilíbrio. Essas vibrações e oscilações podem se espalhar em meios elásticos, como o caso de ondas mecânicas, e também no vácuo, nesse último caso sendo classificadas como ondas eletromagnéticas, que não precisam de um meio material para se propagar (YOUNG; FREEDMAN, 2003).

Quando uma onda se desloca em um determinado meio provoca uma perturbação nas partículas que constituem o mesmo. Essas vibrações podem ocorrer de diferentes formas, originando as ondas transversais e as ondas longitudinais (SERWAY; JEWETT JR., 2016). Uma onda transversal pode ser produzida com a utilização de uma corda com uma das suas extremidades fixa, e a outra livre para a movimentação. Quando movimentos sucessivos são realizados nessa corda, ela se põe a vibrar da mesma forma que o movimento de origem provocando uma perturbação que se estende por todo o comprimento da mesma, fazendo com que as partículas que a compõem vibrem perpendicularmente a direção da propagação da perturbação originando assim uma onda transversal, conforme ilustra a Figura 1.

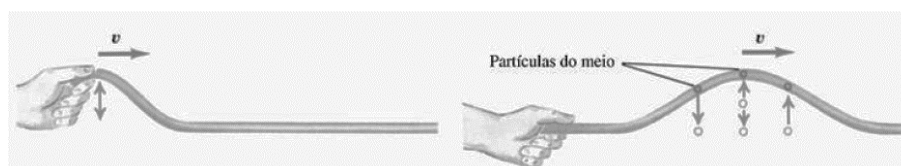


Figura 1 - Ilustração de uma onda transversal sendo originada. Fonte: Young e Freedman (2003).

Uma das formas de gerar uma onda longitudinal é utilizando um recipiente cheio de gás com uma de suas extremidades lacrada para que o gás não escape, e na outra extremidade um pistão livre para poder ser movimentado. A medida que esse pistão é puxado e depois empurrado as partículas que compõem o meio passam a vibrar na mesma direção da propagação da perturbação, como ilustrado na Figura 2.

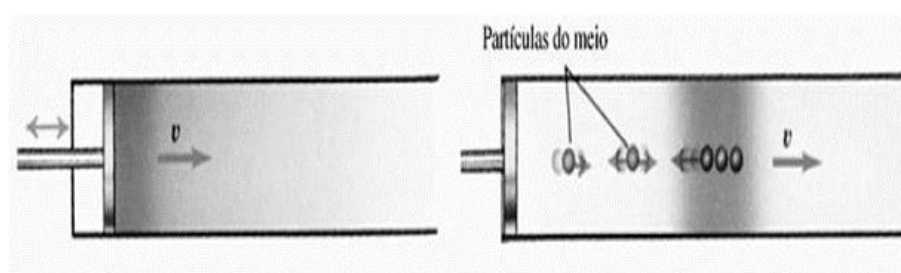


Figura 2 - Ilustração de uma onda longitudinal sendo gerada. Fonte: Young e Freedman (2003).

Ainda existem situações, em que é possível obter ondas longitudinais e ondas transversais no mesmo meio. A Figura 3 ilustra um desses casos, onde um recipiente cheio líquido possui uma placa submersa que pode ser movimentada para frente e para trás. Quando a placa é empurrada para frente o líquido se movimenta e as partículas que o compõem realizam vibrações perpendiculares em relação a direção da propagação da onda e na mesma direção do espalhamento, produzindo, assim, ondas longitudinais e transversais que se sobrepõem

(SERWAY; JEWETT JR., 2016). Com isso, pode-se concluir que as ondas tanto transversais como longitudinais são movimentos ondulatórios que se espalham transportando energia para diferentes pontos sem transportar a matéria (SERWAY; JEWETT JR., 2016).

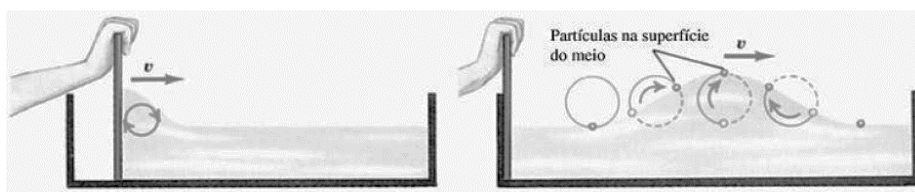


Figura 3 - Ilustração da geração de uma onda transversal e uma onda longitudinal. Fonte: Young e Freedman (2003).

Nas ilustrações acima, as ondas transversais e longitudinais se propagam com uma certa velocidade ( $v$ ) comumente chamada de velocidade da onda (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015). Essas ondas podem ainda ser periódicas, isso quer dizer que suas oscilações são repetidas em intervalos de tempos iguais, originando assim algumas características que permitem diferenciar uma onda da outra. Primeiramente tem-se a amplitude ( $A$ ), também chamada de crista da onda, que é o deslocamento máximo do ponto de equilíbrio; outra característica que surge é o período ( $T$ ) correspondente ao tempo para se completar um único ciclo, ou ainda a frequência ( $f$ ), que mede a quantidade de ciclos repetidos em certo intervalo de tempo (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015).

As características de frequência e período são inversas uma da outra, isso porque, o aumento do período diminui a frequência ( $T = 1/f$ ) sendo a unidade do período no Sistema Internacional (SI) o segundo (s). Já, o aumento da frequência diminui o período ( $f = 1/T$ ) a unidade da frequência no SI é o Hertz (Hz). A onda também pode ser classificada por sua frequência angular ( $\omega$ ) que corresponde a variação da grandeza angular ( $\omega = 2\pi f$ ), com a unidade no SI dada em radianos por segundos (rad/s) (SERWAY; JEWETT JR., 2016).

Por fim, a distância entre duas cristas, ou duas amplitudes máximas, é chamada de comprimento da onda ( $\lambda$ ), como ilustra a Figura 4. Assim, com as características definidas, pode-se representar as ondas por uma função matemática. Para ondas senoidais a função pode ser escrita da seguinte forma:

$$y(x, t) = A \text{ sen } (kx - \omega t) \quad (1)$$

onde  $A$  é a amplitude da onda,  $k$  é o número de onda ( $k = 2\pi/\lambda$ ),  $\omega$  é a frequência angular (YOUNG; FREEDMAN, 2003).



As ondas ainda podem ser classificadas em unidimensionais propagando-se em direção única ( $x$ ); bidimensionais, onde a propagação será em duas direções ( $x, y$ ); e tridimensionais, com propagação em três direções ( $x, y, z$ ) (SERWAY; JEWETT JR., 2016).

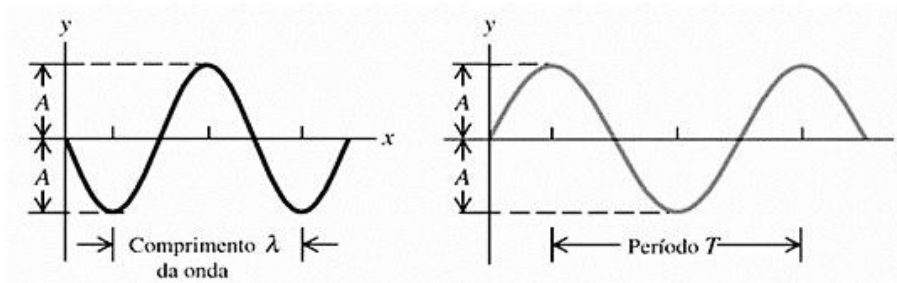


Figura 4 - Características (amplitude  $[A]$ , comprimento  $[\lambda]$ , período  $[T]$ ) presentes nas ondas. Fonte: Young e Freedman (2003).

- *Tipos de ondas: ondas sonoras*

Uma onda sonora pode ser produzida de várias formas, como por exemplo uma pessoa cantando, ou tocando um instrumento musical. Essas vibrações realizadas provocam uma perturbação nas moléculas que compõem o ar, fazendo com que elas vibrem da mesma forma que a fonte. Se fosse possível utilizar um microscópio, seria possível observar essa propagação se expandido em diversas direções, produzindo variações da pressão do ar e da densidade do meio (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015), conforme ilustra a Figura 5.

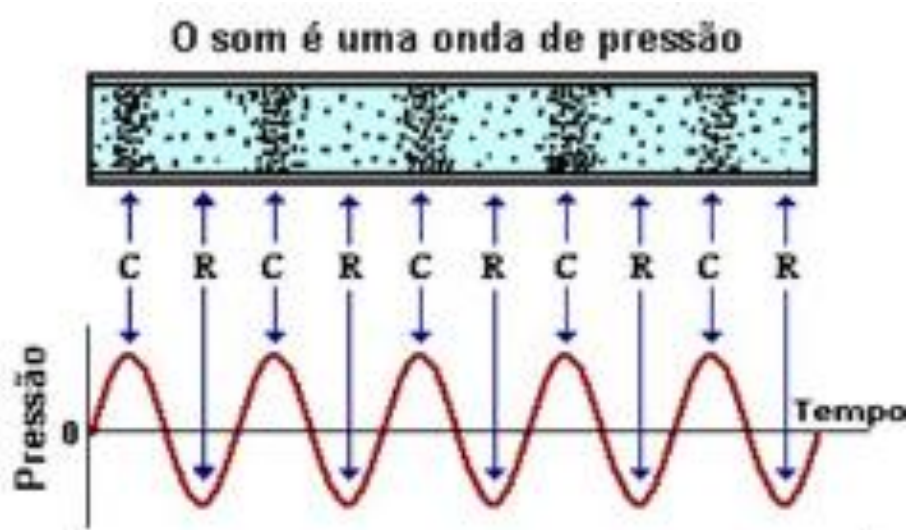


Figura 5 - Variação da pressão e densidade de um meio, onde C significa compressão e R significa rarefação. Fonte: <http://slideplayer.com.br/slide/328494/>

Essa variação na pressão e densidade cria zonas de rarefação e compressão do ar, produzindo as ondas sonoras, que se dividem em três faixas de frequência. Os sons audíveis que compreendem a faixa de 20 até 20 kHz, os infrassons que estão abaixo dos 20 Hz, e os ultrassons acima dos 20 kHz. Dentre as ondas mecânicas, as ondas sonoras se classificam como uma das mais importantes, podendo se propagar em diferentes meios com velocidades variadas dependendo das propriedades do mesmo (SERWAY; JEWETT JR., 2016). Para calcular a velocidade de uma onda transversal em uma corda temos a seguinte relação:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}} \quad (2)$$

onde  $F$  é a tensão que a corda fica submetida, e  $\mu$  é a densidade linear.

Já a velocidade de uma onda longitudinal em um fluido é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (3)$$

onde  $B$  é o módulo de compressão volumétrica, e  $\rho$  a densidade do meio.

Por fim, a velocidade de uma onda longitudinal em um meio sólido é dada por:

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} \quad (4)$$

onde  $Y$  é o módulo de Young e  $\rho$  a densidade.

É importante destacar que a velocidade do som varia com o aumento da temperatura, por isso, nos dias quentes as ondas sonoras se propagam com maiores velocidades, enquanto que nos dias frios com velocidade menor; além disso, nos gases as ondas sonoras se propagam com menor velocidade em relação ao meio líquido (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015).

Uma pessoa consegue diferenciar um som de outro por meio da intensidade sonora, da altura e do timbre do som. A altura do som está relacionada com a frequência, possibilitando distinguir os sons graves dos agudos. O timbre permite diferenciar os sons produzidos por diversos instrumentos ou fontes considerando os diversos harmônicos que o constituem (SERWAY; JEWETT JR., 2016). A intensidade sonora ( $I$ ) está relacionada com a amplitude,

que permite distinguir um som forte de um som fraco. Além disso a intensidade de uma onda sonora é a taxa média de energia que atravessa uma determinada superfície, ou é absorvida pela mesma. Matematicamente tem-se que:

$$I = \frac{P}{A} \quad (5)$$

onde  $P$  é a transferência de energia da onda sonora e  $A$  é a área da superfície (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015).

- *Tipos de ondas: ondas eletromagnéticas*

O primeiro cientista a propor a existência de ondas eletromagnéticas foi James Clark Maxwell (1864), mas o primeiro a comprovar experimentalmente a existência de tais ondas, por meio de circuitos oscilantes, foi Heinrich Rudolf Hertz (1887). Do trabalho de Maxwell chega-se à conclusão que uma carga oscilando cria ao seu redor um campo elétrico variável ( $\vec{E}$ ), por sua vez, esse campo oscilante produz um campo magnético variante ( $\vec{B}$ ), a consequência é que um novo campo elétrico ( $\vec{E}$ ) variável é produzido gerando um outro campo magnético ( $\vec{B}$ ) variável, e assim sucessivamente. Essas repetições de campos se propagando em um meio material, ou no vácuo, são denominadas de ondas eletromagnéticas (HALLIDAY, RESNICK e WALKER, 2015). Maxwell, mostrou que a velocidade da propagação dessas ondas eletromagnéticas no vácuo, é igual a velocidade da luz ( $c$ ). Assim, tem-se a definição:

$$c = \sqrt{\frac{1}{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (6)$$

onde  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7} \text{N/A}^2$  é a permeabilidade magnética e  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{C}^2/\text{Nm}^2$  é a permissividade elétrica. Maxwell realizou cálculos e chegou ao valor de  $c = 3,00 \times 10^8 \text{m/s}$ , concluindo que a luz é uma onda eletromagnética que se propaga no espaço variando os campos elétricos e magnéticos perpendicularmente (HALLIDAY; RESNICK; WALKER, 2015). As descrições matemáticas das ondas eletromagnéticas são parecidas com as das ondas mecânicas. Elas possuem comprimento de onda, frequência, amplitude, e sentido de propagação definidos pelos campos elétricos e magnéticos e se caracterizam por serem ondas transversais, como ilustra a Figura 6.

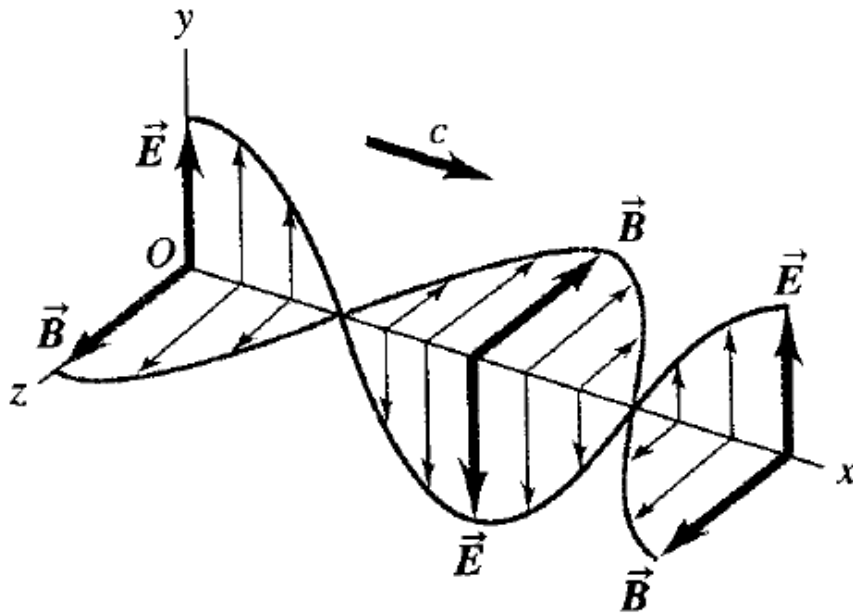


Figura 6 - Ilustração de uma onda eletromagnética, propagando-se na direção x, onde  $\vec{E}$  é o campo elétrico,  $\vec{B}$  é o campo magnético e,  $c$  velocidade da luz. Fonte: Young e Freedman (2003).

# CAPÍTULO 3

## METODOLOGIA



### 3 METODOLOGIA

Para busca de respostas a primeira questão de pesquisa “*Como trabalhar numa perspectiva investigativa a temática de ondas em uma Sequência Didática?*”, elaborou-se um produto educacional configurado como uma Sequência Didática. A referida Sequência Didática constitui-se na montagem e desenvolvimento de um circuito elétrico gerador de ondas (CIRGEON), além de aulas teóricas e práticas para a abordagem do conceito de ondas. As atividades foram realizadas em seis momentos predefinidos. No primeiro deles, a professora pesquisadora identificou os conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema em questão; no segundo explorou-se a parte teórica sobre ondas eletromagnéticas; e no terceiro foi desenvolvida a primeira AEI com o intuito de sistematizar os conceitos de ondas eletromagnéticas. No quarto momento foi feito um estudo da parte teórica sobre ondas sonoras; em seguida, no quinto momento, implementou-se a segunda AEI envolvendo um circuito elétrico gerador de ondas, o que permitiu explorar os conceitos de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras de forma conjunta. O sexto e último envolveu o desenvolvimento de uma atividade avaliativa para sistematizar os conhecimentos adquiridos durante todo o processo.

Na busca de encontrar resposta à segunda questão de pesquisa “*Como a Sequência Didática elaborada contribui para a apropriação dos conceitos científicos dos estudantes sobre as temáticas de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas?*”, foi realizada uma análise dos resultados obtidos com a aplicação de um questionário, das hipóteses registradas, das conclusões e os relatos elaborados pelos alunos. Essa última etapa foi realizada pois todos os recursos foram trabalhados juntamente com a implementação das atividades investigativas que procuraram desenvolver nos estudantes as seguintes habilidades: o trabalho em grupo, o pensamento crítico, a socialização dos conhecimentos, e a apropriação conceitual da temática de ondas. Vale ressaltar que todas as propostas de ensino apresentadas neste estudo foram elaboradas tendo como alvos da aprendizagem tanto alunos do ensino técnico como do ensino médio regular.

Assim, considera-se que as referidas ações podem ser implementadas em aulas de Física que possuem nos referenciais curriculares conteúdos sobre ondas, pois o circuito elétrico (CIRGEON) é de baixo custo e pode ser utilizado em aulas práticas no laboratório ou mesmo dentro da sala de aula, caso a escola não possua local propício para atividade.

### 3.1 Contexto da pesquisa

As atividades foram desenvolvidas no primeiro semestre de 2016 e fizeram parte desta investigação dezoito estudantes de um Curso Técnico em Automação Industrial da Faculdade de Tecnologia (FATEC) do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI) de Dourados-MS. Para participar da pesquisa os alunos assinaram um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Apêndice A).

O SENAI em âmbito nacional foi idealizado com o propósito de preparar pessoas para atuar no mercado de trabalho tão logo seja terminado a capacitação. Assim, a escola técnica tem como intuito que o aluno egresso esteja pronto para enfrentar os desafios do cotidiano de uma indústria, saiba resolver problemas, consiga tomar iniciativas, e possua capacidade de lidar com as novas tecnologias (SENAI, 2009). A unidade onde foi aplicada a Sequência Didática possui laboratórios equipados para a realização de atividades práticas, que melhor preparam os estudantes. Isso contribuiu para a implementação desse estudo, no qual foi possível trabalhar a parte teórica na sala de aula e as AEIs no Laboratório de Eletrônica Analógica.

Vale salientar que, os alunos que formam as turmas dos cursos técnicos são em sua maioria pessoas que já estão afastadas um certo tempo do ambiente escolar, por isso, logo no início dos cursos eles têm muitas dificuldades tanto na questão de ambientação, como com os conteúdos. Também importante é o fato que os estudantes envolvidos em cursos técnicos, em sua maioria, trabalham fora do horário de aula, diminuindo a disponibilidade de tempo para os estudos. Isso foi de fato verificado com todos os alunos participantes dessa pesquisa.

Do ponto de vista do Referencial Teórico (subseção 2.1) e considerando que as interações sociais contam como ponto positivo para a apropriação conceitual dos conteúdos trabalhados em sala de aula, todas as atividades desta pesquisa foram desenvolvidas com os estudantes reunidos em grupos (SASSERON; CARVALHO, 2008). Um dos recursos utilizados como forma de avaliação neste estudo, foi a escrita, pois se subentende que na oralidade os alunos têm a oportunidade de se expressarem, mas a escrita permite aos estudantes realizar a reflexão sobre os conceitos levantados (SASSERON; CARVALHO, 2008). Para simplicidade do processo de análise dos resultados obtidos em sala de aula e laboratório, todas as atividades foram gravadas em áudio e vídeo e depois devidamente transcritas.

Por fim, considerando o exposto no Referencial Teórico (subseção 2.3) e a disponibilidade de laboratório, optou-se em implementar atividades com o enfoque em TIC, utilizando como recurso um circuito elétrico gerador de frequências para explorar/ensinar aos estudantes os conteúdos de ondas.



### 3.2 Descrição dos momentos

As atividades foram implementadas no período de 28/02/2016 à 30/03/2016, totalizando seis encontros de 4 h cada. As referidas atividades foram separadas em momentos como ilustra o esquema da Figura 7.

Objetivos	Momentos	Atividades e instrumentos
Momentos para os alunos expressarem seus conhecimentos prévios sobre ondas	<b>Primeiro Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Entrega do termo de consentimento</li> <li>Aplicação do questionário</li> <li>Leitura e discussão do texto sobre ondas</li> <li>Realização de um experimento imaginário</li> </ul>
Levantamento de hipóteses, e evolução conceitual de ondas eletromagnéticas	<b>Segundo Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registros das hipóteses dos alunos sobre transmissão de energia sem fio</li> <li>Leitura do texto sobre ondas eletromagnéticas</li> <li>Discussão do texto por meio de slides, simuladores e vídeos</li> </ul>
Realização da primeira AEI	<b>Terceiro Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montagem do circuito transmissor de energia sem fio</li> <li>Realização da primeira AEI</li> <li>Elaboração de uma conclusão, por cada grupo, da atividade desenvolvida</li> </ul>
Levantamento de hipóteses, evolução conceitual de ondas sonoras	<b>Quarto Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Registros das hipóteses sobre como diferenciar um som do outro</li> <li>Leitura do texto de ondas sonoras</li> <li>Discussão do texto por meio de um simulador e slides</li> </ul>
Realização da segunda AEI	<b>Quinto Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Montagem do circuito gerador de ondas</li> <li>Realização da segunda AEI</li> <li>Elaboração dos relatos escritos</li> </ul>
Avaliar	<b>Sexto Momento</b> (4 horas)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sistematização das hipóteses</li> <li>Apresentação de seminários com base nos relatos</li> </ul>

Figura 7 - Ilustração dos momentos em que ocorreu a aplicação das atividades investigativas.  
Fonte: Autoria própria.

- **Primeiro momento: Conhecimento prévios dos estudantes**

A aplicação do produto educacional teve início logo no primeiro dia de aula da disciplina de Eletrônica Analógica. Esse cuidado foi tomado por que se esperava que as hipóteses levantadas pelos estudantes, bem como os resultados obtidos, não sofressem influência por conhecimentos repassados antes da implementação da Sequência Didática. As atividades realizadas nesse primeiro momento tiveram duração de 4 horas-aula. Inicialmente a professora-pesquisadora explicou aos estudantes sobre o que se tratava a pesquisa, esclarecendo que todas as atividades a serem desenvolvidas foram planejadas de acordo com os conteúdos da disciplina de Eletrônica Analógica. Também informou que as suas participações na pesquisa seriam voluntárias, e caso alguém não concordasse, isso não iria gerar nenhum constrangimento posterior.

Um dos propósitos dessa pesquisa foi trabalhar com os estudantes em grupos, já que isso facilita a interação social e socialização das ideias/conhecimentos. Dessa forma, a autora do estudo, que também foi a professora-pesquisadora responsável por ministrar as aulas, tomou a liberdade de dividir os alunos em quatro grupos, sendo dois deles compostos por cinco alunos e os outros dois por quatro estudantes.

Com os estudantes reunidos em grupos, buscou-se identificar os conhecimentos prévios que tinham sobre o tópico de ondas. Dessa forma, foi elaborado um questionário (Apêndice B) composto por cinco questões dissertativas, o qual foi entregue a cada um dos grupos. O objetivo primeiro desse questionário inicial era de explorar os conhecimentos prévios no decorrer das AEs. No entanto, como objetivo secundário, esperava-se que ele despertasse nos alunos o interesse em adquirir novos conhecimentos que melhor explicassem os fenômenos citados no próprio questionário.

Após abordagem inicial, a professora-pesquisadora começou a discussão sobre o tópico, sendo que para isso projetou na parede da sala de aula a imagem de um barbante com palitos de picolé colados sobre o mesmo (Figura 8).

A docente conduziu a atividade passando a seguinte orientação aos alunos: “*Visualizem o primeiro palito, imaginem que vocês possam movimentá-lo de forma circular e depois soltá-lo. O que acontece?*”. O intuito dessa atividade era fazer com que os estudantes compreendessem que a energia fornecida para girar o primeiro palito provocaria nos demais palitos uma perturbação, o qual pode se propagar até a outra extremidade e retornar ao ponto inicial onde a força foi aplicada, dependendo da energia aplicada. Conceito principal de ondas, que são movimentos oscilatórios que se propagam num meio, transferindo apenas energia sem o transporte de matéria.



Figura 8 - Ilustração dos palitos de picolé colados sobre um barbante. Fonte: Autoria própria.

Um texto sobre ondas (Apêndice C) foi entregue aos grupos para que os alunos realizassem a leitura. Na sequência, *slides* com imagens e contextualização dos conceitos que aparecem nesse texto foram utilizados como recurso para iniciar a discussão sobre ondas.

O propósito da professora-pesquisadora com esse tipo de abordagem era preparar os estudantes para a primeira atividade a ser desenvolvida na Sequência Didática, a qual foi explorar um simulador de ondas da Universidade do Colorado<sup>1</sup> (Figura 9). A atividade foi conduzida pela docente utilizando de um recurso tecnológico (*datashow*) para ilustrar a imagem do simulador em tela de projeção, e manipulando os recursos que aparecem no simulador ao mesmo tempo que realizava perguntas questionadoras.

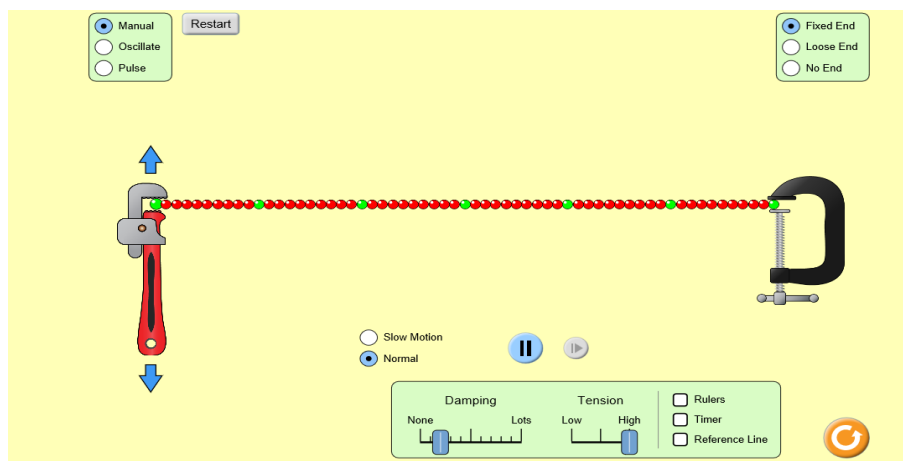


Figura 9 - Imagem do simulador de ondas. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string).

- **Segundo momento: Levantamento de hipóteses e fundamentação teórica de ondas eletromagnéticas**

No segundo momento foi trabalhado os conceitos teóricos de ondas eletromagnéticas, os quais já haviam sido comentados na problematização inicial do primeiro momento. A duração das atividades nessa segunda etapa de aplicação da Sequência Didática também foi de 4 horas-aula.

A professora-pesquisadora iniciou as atividades solicitando aos estudantes que novamente se organizassem em grupos. Nessa ocasião eles ficaram à vontade para escolherem os integrantes que iriam compor cada grupo. Após o agrupamento foi realizada a primeira pergunta problema desse estudo (Como é possível transmitir energia sem fio?), a qual seria respondida com a realização de uma AEI. O intuito dessa pergunta era que os estudantes levantassem hipóteses, realizassem um debate em sala de aula, e sistematizassem as mesmas com a realização de uma AEI em laboratório. Um tempo foi concedido para que os alunos expusessem as hipóteses e com o posterior registro individual em uma tabela (Tabela 1).

<sup>1</sup> Acesso em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string).

Tabela 1 - Tabela para os integrantes dos grupos registrarem as hipóteses sobre a primeira pergunta problema.

<i>Como é possível transmitir energia sem fio?</i>	
Integrante 1	
Integrante 2	
Integrante 3	
Integrante 4	
Integrante 5	

Na sequência a professora-pesquisadora entregou aos grupos um texto com a fundamentação teórica de ondas eletromagnéticas e suas características (Apêndice D). O intuito desse texto era promover nos estudantes a curiosidade sobre como se desenvolveram os estudos de vários cientistas acerca do tema de eletromagnetismo. Além disso, o texto visava a discussão sobre como é realizado a geração de um sinal alternado, as faixas de frequência do espectro eletromagnético, e as frequências perceptíveis a visão humana. Dessa forma, o texto envolvia a teoria sobre a descoberta do eletromagnetismo, a Lei de Indução de Faraday e a Lei de Lenz, o espectro eletromagnético, as conclusões de Maxwell e Hertz sobre ondas eletromagnéticas, as características e propriedades de ondas eletromagnéticas, e também a conclusão de que as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar.

Os alunos tiveram um tempo para realização da leitura do texto e socialização das ideias. Após essa etapa, a professora-pesquisadora apresentou *slides* com os conteúdos que apareciam no texto, e fazendo uma contextualização dos tópicos junto com os estudantes. A cada oportunidade, a professora-pesquisadora realizava questionamentos a fim de fomentar os debates. O intuito dessa atividade foi preparar os estudantes para a segunda atividade da Sequência Didática, a qual envolveria um simulador de “Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday” disponível no sítio<sup>2</sup> do PhET da Universidade do Colorado (Figura 10).

Como a primeira AEI trabalhada com os estudantes se referia à indução eletromagnética foi necessária uma maior ênfase na teoria da “Lei de Indução de Faraday” e “Lei de Lenz”. Para fins de sistematização dos conceitos de indução eletromagnética, a professora-pesquisadora exibiu um pequeno vídeo sobre a Lei de Lenz<sup>3</sup> (Figura 11), utilizando a projeção com *datashow* na parede da sala de aula. Ao término da exibição realizou-se uma rodada de novos debates.

<sup>2</sup> Acesso em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faraday](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday).

<sup>3</sup> Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>.

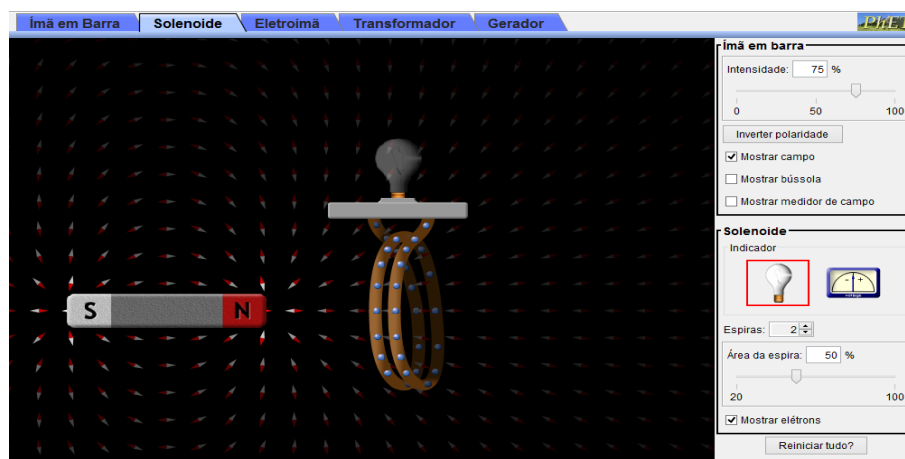


Figura 10 - Imagem do simulador Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faraday](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday).

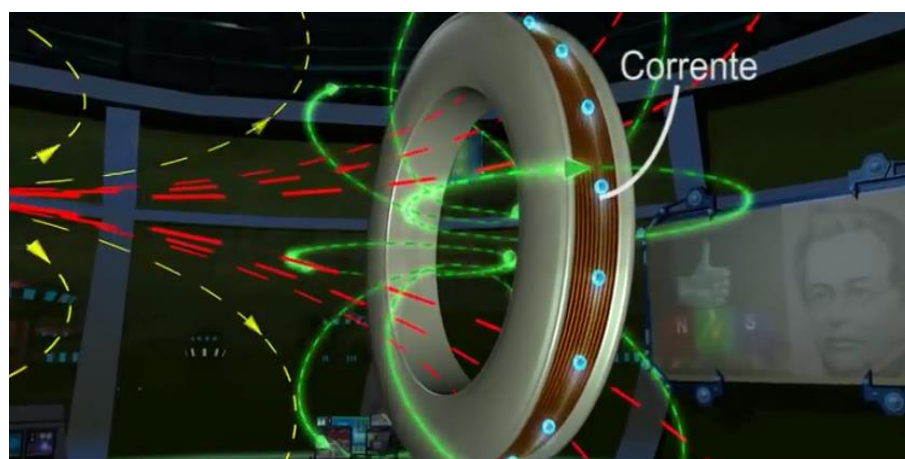


Figura 11 - Imagem do vídeo sobre a Lei de Lenz. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>.

Outro objetivo desse segundo momento era que os estudantes compreendessem o espectro eletromagnético, em especial a faixa de frequência visível ao ser humano. Dessa forma, um vídeo que faz comentários sobre ondas eletromagnéticas foi baixado do sítio<sup>4</sup> do projeto “Acessa Física” e apresentado aos alunos. (Nota: o vídeo também pode ser acessado pelo endereço: <https://www.youtube.com/watch?v=XX9By5eHy0o>.) Um novo debate foi realizado acerca do tema do espectro eletromagnético.

Como a primeira AEI a ser realizada envolvia transmissão de energia sem fio para demonstrar que as ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar, a professora-pesquisadora decidiu apresentar um outro vídeo<sup>5</sup> aos alunos, o qual abordava os primeiros estudos sobre ondas de rádio e circuitos oscilantes, e os cientistas que realizaram os

<sup>4</sup> Acesso em: [http://177.71.183.29/acessa\\_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas](http://177.71.183.29/acessa_fisica/index.php/acessafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas)

<sup>5</sup> Acesso em: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>

mesmos: Maxwell e Hertz (Figura 12). Após a exibição do vídeo, a professora-pesquisadora solicitou aos estudantes que realizassem uma pesquisa em casa sobre Hertz e ondas de rádio para ser trabalhada no terceiro momento.

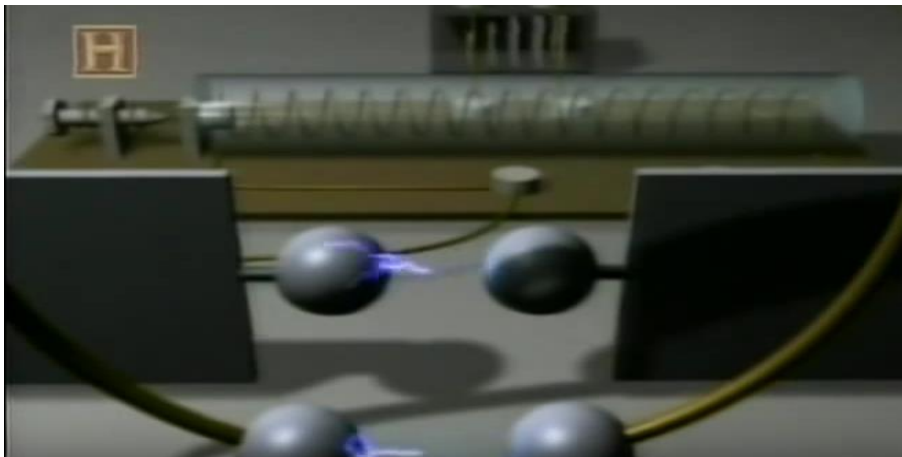


Figura 12 - Vídeo sobre a descoberta das ondas de rádio (Maxwell e Hertz). Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBY19V6o>.

- **Terceiro momento: Realização da primeira Atividade Experimental Investigativa**

O objetivo desse momento era trabalhar uma atividade prática no Laboratório de Eletrônica Analógica, de forma a envolver ondas eletromagnéticas das quais os conhecimentos teóricos já tinham sido discutidos no momento anterior. A intenção foi sistematizar as hipóteses levantadas no segundo momento e criar um ambiente propício para a apropriação conceitual dos estudantes. A duração das atividades nesse terceiro momento da aplicação da Sequência Didática foi de 4 horas-aula.

A professora-pesquisadora iniciou as atividades organizando os alunos em grupos de acordo com as habilidades diferenciadas de cada um. Com os estudantes organizados em grupos, a professora-pesquisadora entregou um texto (Apêndice E), e concedeu um tempo para a realização da leitura do mesmo. O propósito desse texto era organizar as ideias referentes a pesquisa solicitada no segundo momento sobre Hertz e ondas de rádio, e, ao mesmo tempo, convidar os estudantes para se dirigirem até o Laboratório de Eletrônica Analógica para realizar a primeira AEI.

Já no laboratório, os alunos se organizaram nas bancadas e um roteiro com o esquema elétrico de um circuito foi entregue a cada grupo (Apêndice F). Logo em seguida, os estudantes receberam os componentes eletrônicos para a montagem do circuito elétrico. Ao receber o material, eles discutiram como seria possível montar o circuito elétrico e desenvolver a

atividade experimental. A professora-pesquisadora apenas circulava entre os grupos orientando, e sempre que possível lançava um novo questionamento para fomentar as discussões. Ao término da atividade experimental os grupos elaboraram uma conclusão e entregaram para a professora-pesquisadora.

- **Quarto momento: Levantamento de hipóteses e fundamentação teórica de ondas sonoras**

Nesse momento foram trabalhados os conceitos teóricos das ondas sonoras. A duração das atividades nessa quarta etapa de aplicação da Sequência Didática foi de 4 horas-aula. A professora-pesquisadora iniciou as atividades solicitando aos estudantes que se dividissem nos mesmos grupos do terceiro momento e fez a segunda pergunta problema da investigação (Como diferenciar um som do outro?), a qual deveria ser respondida com a realização da segunda AEI, utilizando o circuito elétrico elaborado para esse estudo. Novamente os alunos levantaram hipóteses, realizaram discussões acerca das mesmas, e a seguir fizeram seus registros em uma tabela (Tabela 2).

Tabela 2 - Tabela para os integrantes dos grupos registrarem as hipóteses sobre a segunda pergunta problema.

<i>Como diferenciar um som do outro?</i>	
Integrante 1	
Integrante 2	
Integrante 3	
Integrante 4	
Integrante 5	

Após essas atividades, a professora-pesquisadora entregou aos grupos um texto com a fundamentação teórica de ondas sonoras e suas características (Apêndice G). O intuito desse texto era promover nos estudantes a curiosidade sobre as formas de produzir ondas sonoras, destacando que estas precisam de um meio material para se propagar.

Foi concedido um tempo aos alunos para a realização da leitura do texto e socialização das ideias. *Slides* com os conteúdos que aparecem no texto foram exibidos pela professora-pesquisadora e uma nova discussão foi iniciada. Sempre que possível, a professora-pesquisadora realizava um novo questionamento para tentar despertar o interesse dos alunos,

motivando a compreensão dos fenômenos que apareciam nos *slides* e incentivando a participação de cada um na atividade. Além disso, o intuito era preparar os estudantes para a realização da terceira atividade utilizando novamente um simulador disponível no sítio<sup>6</sup> do PhET da Universidade do Colorado (Figura 13). Utilizando-se da projeção da imagem do simulador, a professora-pesquisadora realizou a exploração dos recursos que aparecem no mesmo junto aos estudantes, sempre lançando novos questionamentos sobre os fenômenos que surgiam à medida que as ferramentas eram utilizadas. Nesta etapa, o objetivo maior da professora-pesquisadora era inspirar os alunos para a realização da segunda AEI.



Figura 13 - Simulador de ondas sonoras obtido pelo sítio do programa PhET. Fonte: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound).

- **Quinto momento: Realização da segunda Atividade Experimental Investigativa**

Nesse momento foi aplicado em sala de aula o circuito elétrico que envolveu os conceitos de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras, conhecimentos já discutidos nos quatro momentos anteriores. A intenção também foi de sistematizar as hipóteses levantadas e criar um ambiente propício para a apropriação conceitual dos estudantes. A duração das atividades nessa quinta etapa da aplicação da Sequência Didática foi de 4 horas-aula.

O circuito elétrico proposto (Figura 14) é um variador de frequência composto por duas saídas, que possibilita tanto ao professor quanto aos alunos trabalhar as características (período, frequência e amplitude) das ondas, pois, em uma das suas saídas há um LED<sup>7</sup> que pisca e indica que a corrente passa por ciclos. Variando o valor da frequência é possível trabalhar as faixas de percepção visual, considerando a ideia de “quadros por segundos” (fps: do inglês, *frames per*

<sup>6</sup> Acesso em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound).

<sup>7</sup> LED: do inglês, *Light Emitting Diode*.



*seconds*). Na outra saída do circuito há um alto falante, que permite explorar as faixas de frequências audíveis ao ser humano que se estende desde 20 Hz até 20 kHz. Tal circuito também possibilita trabalhar com os alunos as características de amplitude e frequências responsáveis pela intensidade sonora e altura do som, elementos que nos permitem diferenciar os sons.

Vale destacar que a diferenciação dos sons não está relacionada somente com a intensidade sonora ou altura do som (som simples, com um único harmônico), mas também pode ser diferenciado pelo timbre, que é constituído por dois ou mais harmônicos (som composto). Essa pesquisa priorizou o estudo das qualidades fisiológicas de intensidade sonora e altura do som por questão de disponibilidade de tempo. Para maiores informações sobre as qualidades fisiológicas do som sugere-se uma consulta ao sítio Feira de Ciências<sup>8</sup> e leitura de um material sobre acústica disponível no mesmo.



Figura 14 - Produto educacional elaborado pela autora da pesquisa. Fonte: Autoria própria.

A professora-pesquisadora convidou os estudantes para irem até o Laboratório de Eletrônica Analógica realizar a segunda AEI, solicitando aos alunos para se organizarem em grupos conforme suas afinidades. Com os estudantes organizados, a professora-pesquisadora entregou um roteiro (Apêndice H) e os componentes eletrônicos para a montagem do circuito elétrico<sup>9</sup>. Novamente os alunos ficaram livres para discutir como seria possível montar o circuito e desenvolver a atividade experimental, sendo que a professora-pesquisadora apenas orientava e realizava questionamentos. Ao término da atividade experimental a professora-pesquisadora entregou uma folha com algumas orientações para os alunos (Apêndice I) elaborarem um relato escrito sobre todas as atividades desenvolvidas até o quinto momento.

<sup>8</sup> Acesso em: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10\\_T01.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala10/10_T01.asp).

<sup>9</sup> A explicação completa do processo de montagem desse circuito elétrico se encontra no produto educacional que têm por nome “Sequência Didática para o Ensino de Ondas”.

- **Sexto momento: Momento avaliativo**

No sexto momento os grupos realizaram a apresentação dos relatos escritos na forma de seminário. Para tanto, foi realizado um sorteio onde ficou definido qual seria o primeiro, o segundo, o terceiro e o quarto grupo a apresentar.

# CAPÍTULO 4

## RESULTADOS E DISCUSSÕES



## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Levando em consideração que a aprendizagem é processo contínuo, e que a avaliação ocorreu em todos os momentos e não somente ao término das atividades, a análise dos dados será apresentada em duas etapas (Subseções 4.1 e 4.2). A primeira possui caráter reflexivo, e visa apresentar e explorar as discussões ocorridas durante a implementação da Sequência Didática, as interações sociais, os questionamentos, e os conhecimentos prévios que os estudantes apresentaram em cada um dos momentos. Na segunda etapa será realizada a contextualização e discussão dos resultados obtidos com o questionário, dos registros das hipóteses e relatos escritos, das conclusões elaboradas e dados obtidos com as gravações de áudios e vídeos. O intuito dessa parte da análise dos resultados era tentar entender qual a relação das hipóteses e conhecimentos prévios levantados pelos estudantes com os conceitos que estavam envolvidos nas atividades investigativas desenvolvidas.

### 4.1 Resultados das aplicações das atividades

As atividades deste estudo foram desenvolvidas com os estudantes reunidos em grupos, conforme ilustra a Figura 15. Esse cuidado foi tomado para que habilidades diferenciadas fossem socializadas entre os membros dos grupos. Levando-se em conta que a aprendizagem não ocorre de forma isolada, as interações entre os sujeitos ajudam no aperfeiçoamento das estruturas mentais. Vygotsky (1991) classificou essas funções psicológicas em dois momentos:

“Um processo interpessoal é transformado num processo intrapessoal. Todas as funções no desenvolvimento da criança aparecem duas vezes: primeiro, no nível social e, depois, no nível individual; primeiro, entre pessoas (Interpsicológica), e, depois, no interior da criança (intrapsicológica). Isso se aplica igualmente para a atenção voluntária, para a memória lógica e para a formação de conceitos. Todas as funções superiores originam-se das relações reais entre indivíduos humanos” (VYGOTSKY, 1991, p. 41).

Dessa forma, pode-se concluir que o ser humano de um modo geral necessita interagir/relacionar com outros seres humanos para aperfeiçoar os seus conhecimentos (MELLO; TEIXEIRA, 2012), justificando a metodologia das atividades realizadas em grupos.

No desenvolvimento da Sequência Didática vários recursos foram utilizados para tentar evoluir os conceitos científicos dos estudantes, um deles foi a elaboração de relatos escritos. Esse recurso foi usado pois acredita-se que a escrita contribuiu numa reflexão dos estudantes sobre os conteúdos trabalhados e a relação dos mesmos com os conceitos adquiridos antes da implementação da Sequência Didática e posteriormente ao desenvolvimento da mesma. Assim, a professora-pesquisadora pode avaliar se as atividades proporcionaram um ambiente propício para a possível apropriação conceitual dos estudantes (CARVALHO, 2011).



Figura 15 - Alunos organizados em grupos realizando uma das atividades. Fonte: Autoria própria.

Um dos maiores desafios encontrado pela professora-pesquisadora foi tentar envolver os estudantes nas atividades, visto que, tanto a professora-pesquisadora quanto os alunos não estavam habituados com a metodologia de ensino investigativo. No entanto, todos os agentes envolvidos estavam muito dispostos a aprender trabalhar nessa perspectiva. Assim já na implementação do questionário para analisar os conhecimentos prévios dos estudantes, a professora-pesquisadora acompanhou o desenvolvimento das atividades sempre orientando/questionando os grupos de alunos para fomentar o diálogo entre eles, pois eles se mostravam inicialmente tímidos e com dificuldades de interação.

Além disso, a professora-pesquisadora se empenhou ao máximo em cumprir o seu papel nas atividades investigativas, que era inspirar os estudantes a participarem ativamente do processo de ensino e despertar discussões/argumentações entre os integrantes dos grupos. Como exemplo segue o seguinte diálogo que ocorreu dentro da sala de aula:

*Para produzir uma onda nesse exato momento, o que vocês fariam? (Professora)*

Após várias trocas de olhares, e um instante de silêncio, os estudantes disseram:

*Eu encheria a lixeira com água, que parece com um balde, e depois jogaria uma pedra. (Aluno 1)*

*Eu pegaria um objetivo para dar pancadas no chão. (Aluno 2)*

*Ligaria um micro-ondas. (Aluno3)*

Com isso, várias ideias foram dadas pelos alunos, os quais foram discutidas entre eles e todos esses comentários serviram de base para responder o questionário. Foi possível observar que os estudantes possuíam um conhecimento prévio sobre o assunto, porém não tinham uma definição clara do mesmo. Por exemplo, quando citaram as ações de jogar pedra na água ou bater no chão, estavam tentando se referir às ondas mecânicas que precisam de um meio para se propagar. Já ao citar micro-ondas, se reportaram às ondas eletromagnéticas que não precisam de um meio para se propagar.

Questionamentos feitos pela professora-pesquisadora ajudaram a encorajar os estudantes nas argumentações, fazendo com que estes percebessem que eram os sujeitos ativos do processo. De uma forma tímida eles começaram a se soltar e responder as questões sem medo de serem repreendidos caso a resposta estivesse certa ou errada. Sasseron e Carvalho (2008) destacam que valorizar as respostas dos alunos sem dizer que ele está errado, ou mesmo ignorar, ajuda a criar um ambiente encorajador. Após responderem o questionário os integrantes dos grupos o entregaram para a professora-pesquisadora. Com o propósito de fomentar as discussões, e levantar mais conhecimentos prévios dos estudantes sobre o tema de ondas, um novo questionamento foi feito:

*Com base no questionário que vocês acabaram de responder, o que são ondas? (Professora)*

Após um instante de silêncio, responderam:

*Professora não têm só um tipo de onda, existe o som que podemos ouvir, a luz que nos ajuda enxergar. (Aluno 4)*

*A onda é uma energia. (Aluno 5)*

*É preciso realizar uma força para produzir uma onda. (Aluno 6)*

Então a professora-pesquisadora utilizou um recurso para tentar ajudar os estudantes nas suas evoluções científicas. Para isso, fez a projeção na parede da sala de aula da imagem de um barbante com vários palitos colados (Figura 8), e perguntou:

*Visualizem o primeiro palito; imaginem que vocês possam movimentá-lo de forma circular e depois soltar. O que acontece? (Professora)*

Como os estudantes se encontravam um pouco mais à vontade a responderem, não demorou muito a surgir as primeiras respostas, algumas das quais estão transcritas abaixo.

*Não vai acontecer nada. (Aluno 3)*

*Os outros palitos vão balançar sim. (Aluno 7)*

*Os outros palitos vão girar e parar na outra extremidade. (Aluno 2)*

*Os palitos vão girar até a outra extremidade e depois retornar girando para a extremidade onde foi iniciado a perturbação, só que mais fraco. (Aluno 8)*

Após vários questionamentos e muita discussão foi entregue aos grupos um texto (Apêndice C) como outra ferramenta científica, e os alunos tiveram um tempo para a leitura. Com o auxílio de *slides*, a professora-pesquisadora continuou a exploração dos tópicos de ondas por meio de uma aula expositiva dialogada. Em cada instante era realizado um novo questionamento para instigar os integrantes dos grupos a discutir sobre a veracidade ou não das respostas levantadas.

Como último slide foi feita a projeção de um simulador de ondas disponível no site da Universidade do Colorado (Figura 9). Esse simulador permitiu sistematizar os conceitos de ondas com os recursos disponíveis no mesmo. Iniciando as atividades de exploração do simulador, a professora-pesquisadora selecionou na barra de controle a “extremidade fixa” e começou a movimentar a chave que aparecia no simulador. Com isso ela perguntou aos alunos:



*O que que é possível observar? (Professora)*

*Professora, quando a senhora movimenta a chave, aparece uma onda. (Aluno 4)*

*Se você movimenta mais rápido a chave a onda é mais intensa, e quanto mais lento a onda é menos intensa. (Aluno 9)*

A professora-pesquisadora selecionou na barra de ferramenta a “extremidade solta” do simulador, e movimentou a chave que aparece novamente perguntando aos alunos:

*O que aparece de diferente? (Professora)*

*Agora com a extremidade solta a onda não retorna mais. (Aluno 1)*

*E se o simulador ficar com a extremidade marcada no infinito o que acontece? (Aluno 10)*

Eles perceberam que a onda não retornava mais, diferentemente do caso onde a extremidade era fixa. Então um aluno falou:

*Nas extremidades fixas a onda bate e volta, mais se a força for pouca ela não vai voltar, e com a extremidade solta isso não têm como acontecer. (Aluno 5)*

Ocorreu uma intensa discussão entre eles, todos se questionando se a onda era uma transferência de energia para diferentes localidades. Logo a seguir, a professora-pesquisadora selecionou no simulador o “modo pulsar”, e repetiu todos os processos com a extremidade solta e fixa, fazendo vários questionamentos aos estudantes, visto que eles estavam mais a vontade para responder. Nesse primeiro momento não se esperava definições científicas corretas, o intuito era instigar os alunos a adquirirem mais conhecimentos, mas vale ressaltar que eles superaram as expectativas, indo além do planejado. Eles se mostraram muito receosos no começo, mas com decorrer das atividades, eles começaram a se soltar e realizar perguntas, sempre tentando entender as causas dos fenômenos.

O conteúdo trabalhado no segundo momento foi a teoria de ondas eletromagnéticas e suas características. Isso se fez necessário porque parte do produto educacional (circuito elétrico), a ser implementado junto aos alunos, envolvia os conceitos de ondas eletromagnéticas. Então, as atividades se iniciaram com a realização da primeira pergunta problema do estudo, porque se subentende que o ponto inicial do desenvolvimento das

atividades investigativas é a colocação de uma situação problema, a qual ajuda os alunos na produção de novos conhecimentos (AZEVEDO, 2004).

Com isso os alunos foram inspirados a levantar hipóteses, realizar discussões sobre as possíveis respostas para a mesma, e posteriormente registrá-las em uma tabela (Tabela 1). Após as discussões acerca das hipóteses levantadas, a professora-pesquisadora entregou aos grupos um texto (Apêndice D) com a teoria de ondas eletromagnéticas, para a realização da leitura. Nesse intervalo de tempo, a professora-pesquisadora passou por entre os grupos para observar o comportamento e possíveis diálogos. Um estudante estava comentando com os demais:

*Eu fiz um curso na empresa, sobre motores elétricos, e têm relação com esse processo de indução eletromagnética mencionado aqui no texto. (Aluno 11)*

Os outros integrantes do grupo começaram a perguntar sobre o princípio de funcionamento dos motores, e esse aluno começou a explicar. No grupo ao lado os estudantes estavam em uma intensa discussão sobre o fato de que quando o celular toca, a televisão ou o computador próximo fazem barulho. Um integrante do grupo tentou explicar dizendo:

*Já ouvi falar que isso tem a ver com a interferência das ondas no ar, nós não conseguimos ver, mas os aparelhos sentem essa interferência. (Aluno 8)*  
*Isso é verdade, porque eu vi na internet, se enrolar o celular no papel alumínio, e colocar dentro do micro-ondas ele não vai tocar, porque é feito uma blindagem da onda. (Aluno 12)*

Observou-se, então, que o propósito de realizar as atividades em grupos para a socialização dos conhecimentos estava surtindo o efeito desejado. Após conceder o tempo para a leitura do texto e para as discussões, iniciou-se uma aula expositiva dialogada, utilizando como recurso principal *slides* do texto. O último slide era a projeção do simulador Laboratório de Eletrônica Analógica disponível no site da Universidade do Colorado (Figura 10). Com o simulador selecionado na opção “solenoide” e sendo movimentando o ímã próximo da bobina. Foi realizado o seguinte diálogo:

*O que se percebe ao aproximar e afastar o ímã da bobina? (Professora)*  
*A lâmpada acende e apaga. (Aluno 3)*  
*Por quê? (Professora)*  
*Porque as bolinhas azuis se movimentam num sentido. (Aluno 13)*

*Mas o que são essas bolinhas azuis? (Professora)*

*Seriam os elétrons? (Aluno 7)*

*Porque quando deixo o ímã parado a lâmpada não acende? (Professora)*

*Não sei. (Aluno 1)*

*É porque não está movimento o campo do ímã que aparece ao redor? (Aluno 6)*

*É mesmo, porque quando a professora voltou a movimentar o ímã, a lâmpada acendeu, e parado não acendeu. (Aluno 14)*

Os alunos ficaram muito interessados em compreender como a variação do campo magnético poderia gerar uma corrente elétrica, com isso, surgiram muitos comentários e comparações das hipóteses levantadas com a teoria de ondas eletromagnéticas, além das suas aplicações no cotidiano. Vale ressaltar que o intuito de apresentar esse simulador era que os estudantes compreendessem que com a variação do campo magnético é possível gerar um campo elétrico, e com a variação do campo elétrico é possível gerar um campo magnético, ou seja, o princípio das ondas eletromagnéticas.

O simulador Laboratório de Eletromagnetismo de Faraday (Figura 10), além de possuir um modo de simulação de um solenoide também permite a simulação de um gerador, contribuindo de forma significativa para explicar aos estudantes o princípio de geração de um sinal alternado e várias das suas características, bem como o princípio de Indução de Faraday. Feita a seleção do modo “gerador” a professora-pesquisadora iniciou a exploração desse recurso junto aos alunos; para tanto, ela variou a vazão da água da torneira, iniciando a seguinte discussão:

*Quais fenômenos são possíveis de observar? (Professora)*

*A lâmpada aumenta e diminui o brilho. (Aluno 14)*

*Por quê? (Professora)*

*Porque quando a água aumenta, a roda gira mais rápido e o campo do ímã também. (Aluno 14)*

*Mas se eu não mexer no fluxo de água, e sim no diâmetro da espira, o que acontece? (Professora)*

*O brilho da lâmpada aumenta novamente. (Aluno 9)*

*Professora isso é o que acontece nas usinas hidrelétricas? (Aluno 12)*

*É sim, porque lá tem um gerador com o rotor e estator, o rotor gira, e o estator têm um monte de bobinas que coletam a energia. (Aluno 14)*

Novamente uma série de questionamentos surgiu entre os integrantes dos grupos, tanto que um estudante comparou os fenômenos presentes no simulador com o princípio de funcionamento de um alternador, que possui um rotor (eletroímã) e um estator com uma série de bobinas. A professora-pesquisadora aproveitou a oportunidade para realizar mais um questionamento:

*Qual a comparação que vocês fariam entre o rotor e estator, e o princípio de indução eletromagnética de Faraday? (Professora)*

Após um momento de silêncio, um aluno disse:

*O rotor é o ímã, e o estator é a bobina que aparece no simulador. (Aluno 13)*

*Daí ocorre a indução, variando o campo. (Aluno 3)*

Outros estudantes também se pronunciaram para tentar explicar os fenômenos. Um grupo mencionou a aplicação do princípio de indução eletromagnética, relacionando esse fenômeno às figuras que apareciam no texto, sendo uma delas um dínamo de bicicleta e a outra um cartão magnético (ver Apêndice D).

*Professora então é dessa mesma forma que funciona esses equipamentos que aparece no texto. (Aluno 2)*

*O que vocês acham? (Professora)*

*Acredito que o dínamo sim, mais não compreendo como funciona o cartão magnético. (Aluno 9)*

Nesse ponto a professora-pesquisadora fez uma explicação dialogada observando que os alunos estavam bem curiosos. Eles queriam saber como funcionava o gerador das usinas hidrelétricas, já que nessa situação não se tinha polaridade fixa, como acontece em uma bateria ou pilha. Então, aproveitando a oportunidade e entusiasmo dos estudantes, foi explicado tanto a forma de geração de energia nas usinas, como também algumas das propriedades de um sinal alternado. Entre os tópicos abordados estavam o conceito de ciclo, período, frequência da rede elétrica (que no Brasil é de 60 Hz), velocidade angular, função de uma onda e a relação do valor do ângulo com o semicírculo negativo e semicírculo positivo de uma onda.

Com o intuito de explorar ainda mais o tópico de indução eletromagnética, um vídeo sobre a Lei de Lenz (Figura 11) foi passado para os alunos. O fato interessante sobre esse vídeo é que ele contribuiu para elevar o conhecimento dos estudantes sobre indução eletromagnética e levou-os a compreender que a bobina também gera o seu campo magnético quando há a variação do fluxo magnético, porém esse campo magnético, é contrário ao do ímã em barra, quando se aproxima e afasta da bobina.

No início desse mesmo vídeo aparece um tubo de cobre e dois objetos são abandonados no seu interior, conforme ilustra a Figura 16. A comentarista sugere que seja abandonado um pedaço de aço dentro do tubo e verifica-se que ele cai rapidamente. Depois o vídeo mostra um ímã caindo bem lentamente dentro do tubo, e então ela pergunta porque isso acontece. A partir da apresentação desse fenômeno os alunos ficaram muito interessados em ver o restante do vídeo, e tentar entender o porquê o ímã caía tão lentamente.



Figura 16 - Imagem retirada do vídeo sobre a Lei de Lenz. Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>.

Ao assistir todo o vídeo, os alunos ficaram encantados e mencionaram:

*Já tinha visto experimentos na internet envolvendo esse fenômeno, só que não tinha compreendido o porquê, e a apresentação do vídeo tirou essa dúvida. (Aluno 17)*

*É assim, que os trens levitam? (Aluno 1)*

Para aproveitar o entusiasmo dos alunos foi apresentado na sequência um outro vídeo (Figura 12) sobre espectro das ondas eletromagnéticas. O intuito era que os estudantes compreendessem que o aumento ou diminuição da frequência de uma onda influencia na intensidade da energia transmitida de um ponto a outro.

De forma interessante pode-se observar que ao término do vídeo os alunos começaram a expor suas ideias a respeito do tema, e muitas perguntas e discussões surgiram entre os grupos.

*Fiz um exame de raios X semana passada. Por que essas ondas não saíam para fora da sala de raios X? (Aluno 5)*

*O profissional que trabalha nesse setor demora para se aposentar? Ele corre o risco de ficar doente? (Aluno 12)*

Compararam os conceitos apresentados no vídeo com os incidentes das usinas nucleares.

*Então é por causa da alta frequência dos raios gama e alfa, que têm que ser isoladas as áreas onde ocorre esses acidentes nucleares? (Aluno 13)*

*Então ao aquecer o alimento no micro-ondas uma energia é transmitida por uma onda ao alimento. (Aluno 14)*

Ocorreu uma intensa discussão sobre diversos temas como: exames são feitos com raios laser, sinal de internet, antenas de rádio e telefone entre outros. Um estudante relatou ter ficado impressionado com a forma como esses conceitos estão tão intensamente relacionados ao nosso cotidiano; como podemos e se utiliza tudo isso sem ao menos pensar como surgem esses fenômenos. Por fim outro aluno, concluiu:

*Somos constantemente bombardeados com todas essas faixas de frequências de ondas eletromagnéticas; agora mesmo aqui na sala de aula, com celulares ligados, as lâmpadas. É por isso que os sinais não se cruzam cada um tem a sua frequência. (Aluno 7)*

Para terminar a exploração do texto que trata da teoria de ondas eletromagnéticas, e com o intuito de começar a preparar os estudantes para realizarem a primeira AEI, a professora-pesquisadora fez a apresentação de mais um vídeo sobre a descoberta de ondas de rádio (Figura 12). Após a apresentação do vídeo, a professora-pesquisadora mencionou aos estudantes que eles iriam realizar uma atividade experimental que envolvia os princípios de ondas eletromagnéticas apresentadas. Os alunos ficaram bem animados e realizaram uma série de questionamentos sobre o vídeo apresentado e sobre os estudos dos dois estudiosos Maxwell e Hertz que aparecem no vídeo e no texto. O ânimo foi tanto que um aluno falou:

*Professora, vamos reproduzir esse experimento de circuitos oscilantes de Hertz?  
Parece ser muito interessante. (Aluno2)*

Antes de apresentar o último slide, a professora-pesquisadora perguntou aos alunos:

*Qual faixa de frequência vocês acham que nós seres humanos conseguimos enxergar? (Professora)*

*Acredito que seja de 2 Hz até 60 Hz. (Aluno 18)*

*Não sei, mais no infravermelho não enxergamos. (Aluno 10)*

Para responder a questão proposta acima, o último slide trazia a imagem do espectro eletromagnético (Figura G - Apêndice D). Durante a sua apresentação surgiram muitas discussões e curiosidades dos alunos sobre a aplicação dessas faixas de frequências no cotidiano. Assim, foi dada uma explicação sobre o espectro eletromagnético de forma a esclarecer as principais dúvidas dos alunos.

No decorrer da pesquisa, mais precisamente no terceiro momento, foi realizada uma AEI para os alunos sistematizarem as hipóteses levantadas no segundo momento, e tentar elaborar uma resposta para a primeira pergunta problema (Como é possível transmitir energia sem fio?). Porém, antes de ir até o laboratório para realizar a atividade experimental foi entregue um texto aos alunos para a leitura em sala de aula (Apêndice E). Um dos objetivos desse texto era que os estudantes compreendessem que os estudos científicos não se realizam de uma hora para outra, leva-se um certo tempo, pois os cientistas são pessoas comuns que também cometem erros até conseguir desenvolver com êxito sua pesquisa.

Os outros objetivos desse texto eram realizar uma explanação sobre a vida acadêmica de Heinrich Rudolf Hertz, inspirar os alunos a se interessarem a conhecer sobre os cientistas; e convidar os estudantes para ir até o laboratório e desenvolver a primeira AEI. Um tempo foi concedido para a leitura do texto, e ao término deste momento os alunos se mostraram muito animados em realizar uma atividade prática e de se tornarem cientistas. Foi possível notar que os alunos estavam mais à vontade para se expressar e até mesmo argumentar. Disseram ter gostado muito do texto porque era engraçado, de fácil leitura e entendimento.

*Nossa agora vou ser cientista! Muito interessante! (Aluno 1)*

*Professora, pesquisei sobre Hertz e ondas eletromagnéticas na internet; ele foi o primeiro a estudar as ondas de rádio. (Aluno2)*

Já em laboratório, foi entregue aos grupos um roteiro aberto contendo o esquema de um circuito elétrico (Apêndice F) e os componentes para a montagem do mesmo. O experimento consistiu na montagem de um circuito responsável por transmitir energia sem fio, o qual tem o princípio de funcionamento baseado na Indução Eletromagnética de Faraday e na Lei de Lenz.

No experimento realizado duas bobinas são responsáveis pela geração de um Campo Eletromagnético variável. A primeira bobina está conectada ao circuito e gera um campo magnético variável. Esse campo induz na segunda bobina, a qual têm um LED conectado, uma tensão (corrente) induzida pelo princípio de Indução de Faraday. Essa segunda bobina, que não está conectada ao circuito e sim ao LED, também produz como resposta um campo magnético variável, seguindo o princípio da Lei de Lenz. Assim as duas bobinas trabalham por ressonância magnética, possibilitando a transferência de energia sem a necessidade de fios.

O propósito inicial de realizar essa atividade era permitir que os estudantes compreendessem que é possível gerar, pelo processo de indução, uma onda eletromagnética; e que essa onda é transmitida de um ponto a outro sem necessitar de um meio para se propagar. Ademais, pode-se dizer que todos os fenômenos presentes na geração dessa onda, ou seja, as variações dos campos elétricos e magnéticos, a acompanham até outro ponto qualquer.

Neste ponto, deve-se destacar que a escolha de se trabalhar com um circuito elétrico foi feita com o intuito de motivar os alunos e desafiá-los a utilizar uma prática pouco comum em escolas de ensino médio. No entanto, os estudantes apresentaram certa dificuldade em compreender as simbologias dos dispositivos elétricos que aparecem no esquema. Assim, para interpretar o esquema e desenvolver o seu processo de montagem, foi preciso iniciar uma intensa discussão nos grupos e entre grupos (Figura 17).

A professora-pesquisadora ofereceu orientação a cada grupo e percebeu a empolgação e dedicação dos alunos na realização da atividade experimental, conforme pode ser observado nas transcrições a seguir.

*Estou me sentindo um cientista de verdade. Não vejo a hora de ver esse experimento funcionando. (Aluno 17)*

Foi interessante observar que os integrantes dos grupos constantemente trocavam informações. Alguns alunos que já tinham um pouco mais de experiência, puderam dar sugestões para outros que nunca tinham trabalhado com circuitos, tornando o processo bastante dinâmico. Um dos grupos conseguiu montar o circuito primeiro e, então, outros grupos se reuniram ao redor para observar se o experimento iria funcionar. Ao conectar o circuito na



tensão elétrica e fazer a aproximação das duas bobinas o LED acendeu. Os integrantes do grupo ficaram muito orgulhosos e todos estavam maravilhados com o resultado obtido. A Figura 18 ilustra o momento em que o LED foi aceso pela aproximação das bobinas.

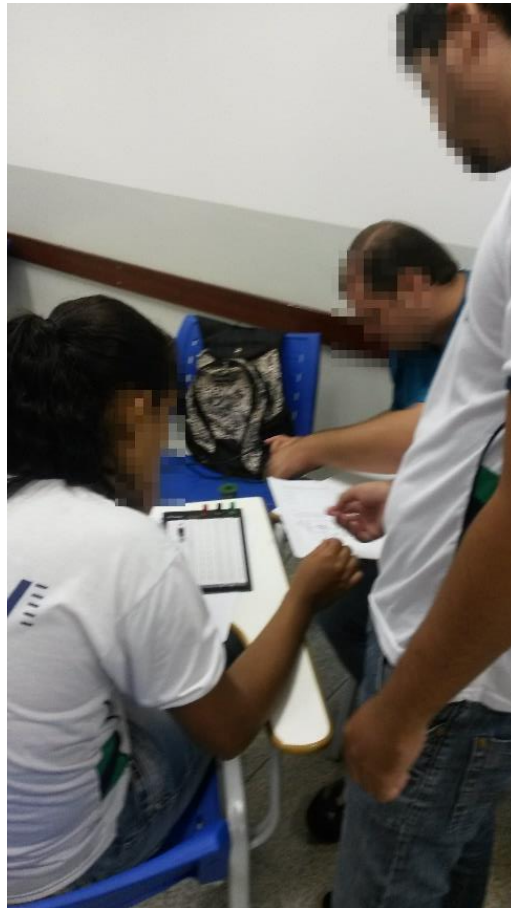


Figura 17 - Alunos discutindo a montagem do esquema elétrico. Fonte: Autoria própria.

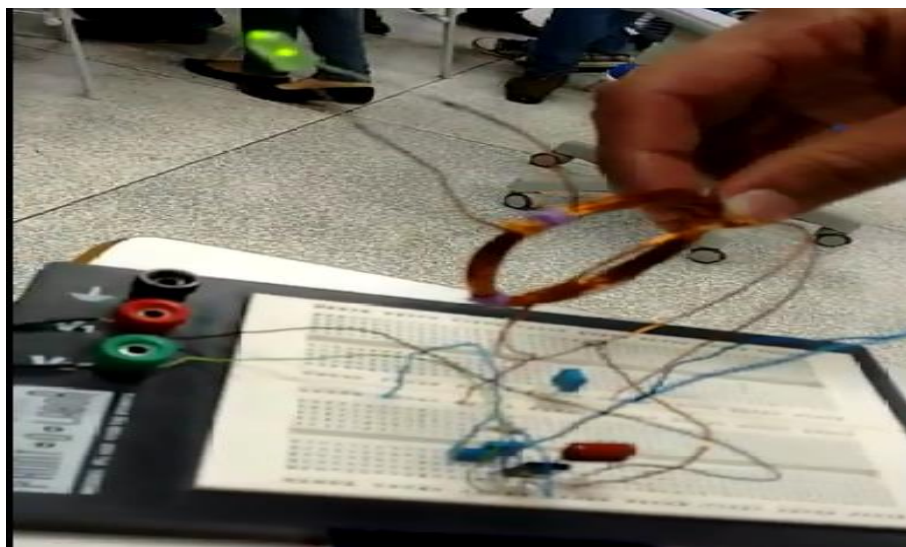


Figura 18 - Circuito elétrico montado e com o LED. Fonte: Autoria própria.

O grupo que primeiro terminou a montagem começou a discutir sobre como o LED acendia e as seguintes colocações foram observadas.

*É como a transmissão de um sinal, onde se tem um transmissor e um receptor de energia. (Aluno 15)*

*Seria uma onda transmitida, mas não por intermédio de um meio como num terremoto. (Aluno 12)*

*Depende da frequência que onda transmitida. (Aluno 3)*

*São as ondas eletromagnéticas se propagando de uma bobina para outra. (Aluno 5)*

Logo em seguida outro grupo conseguiu montar o circuito, só que as bobinas eram maiores em relação as do primeiro grupo. Com isso, os alunos observaram que a intensidade do brilho do LED era maior, logo fazendo correlação com o diâmetro da bobina. Segundo eles, pelo fato das bobinas serem maiores, estas possuíam um campo eletromagnético mais intenso em relação às bobinas do primeiro grupo. Para obter algumas comprovações da hipótese levantada, alguns alunos pegaram um multímetro e tentaram medir a intensidade da corrente elétrica na segunda bobina. Foi muito interessante observar a motivação dos alunos em descobrir fenômenos diferentes e tentar entender as suas causas e consequências.

Os alunos do terceiro grupo também conseguiram montar o circuito e, ao realizarem o experimento, fizeram uma outra observação importante. Eles perceberam que quando a segunda bobina ficava próxima ou distante da primeira, isso levava ao aumento ou diminuição do brilho do LED; tanto que, a uma certa distância o LED não acendia. Perceberam também que quando a bobina secundária era posta a uma altura diferente da primeira o LED também não acendia; e somente quando elas estavam paralelas o LED ficava aceso. Isso intrigou muito os estudantes e eles se envolveram ainda mais na procura por respostas.

*Como é possível o LED ascender. Nem encostou na outra bobina? (Aluno 18)*

*Quando afasta o LED a uma certa distância do circuito ele apaga. (Aluno 12)*

*As duas bobinas em alturas diferentes, o LED apaga. (Aluno 7)*

*Por que vocês acham que isso acontece? (Professora)*

*É porque fica fora do campo da primeira. (Aluno 12)*

O quarto grupo também conseguiu montar o circuito. Seus membros, ao realizarem a atividade experimental, também perceberam que quando as bobinas estavam distantes o LED não acendia, mas ao aproximá-los o LED acendia. Esses mesmos alunos ficaram testando

diferentes posições para as bobinas, pois isso muito os intrigava; tanto que eles decidiram pegar uma régua e medir tais distâncias. Então, eles fizeram uma pesquisa e descobriram que se colocassem uma terceira bobina com um capacitor entre as duas bobinas seria possível aumentar a distância para transmitir a energia. Prontamente, os alunos montaram uma bobina conectada a um capacitor e a posicionaram entre a bobina conectada no circuito e a outra que possuía o LED (e que não estava conectada ao circuito). Assim foi feita a constatação que para uma distância na qual antes o LED ficava apagado, agora com a bobina com o capacitor o LED ficava aceso. A Figura 19 mostra o LED apagado e aceso nessas situações.

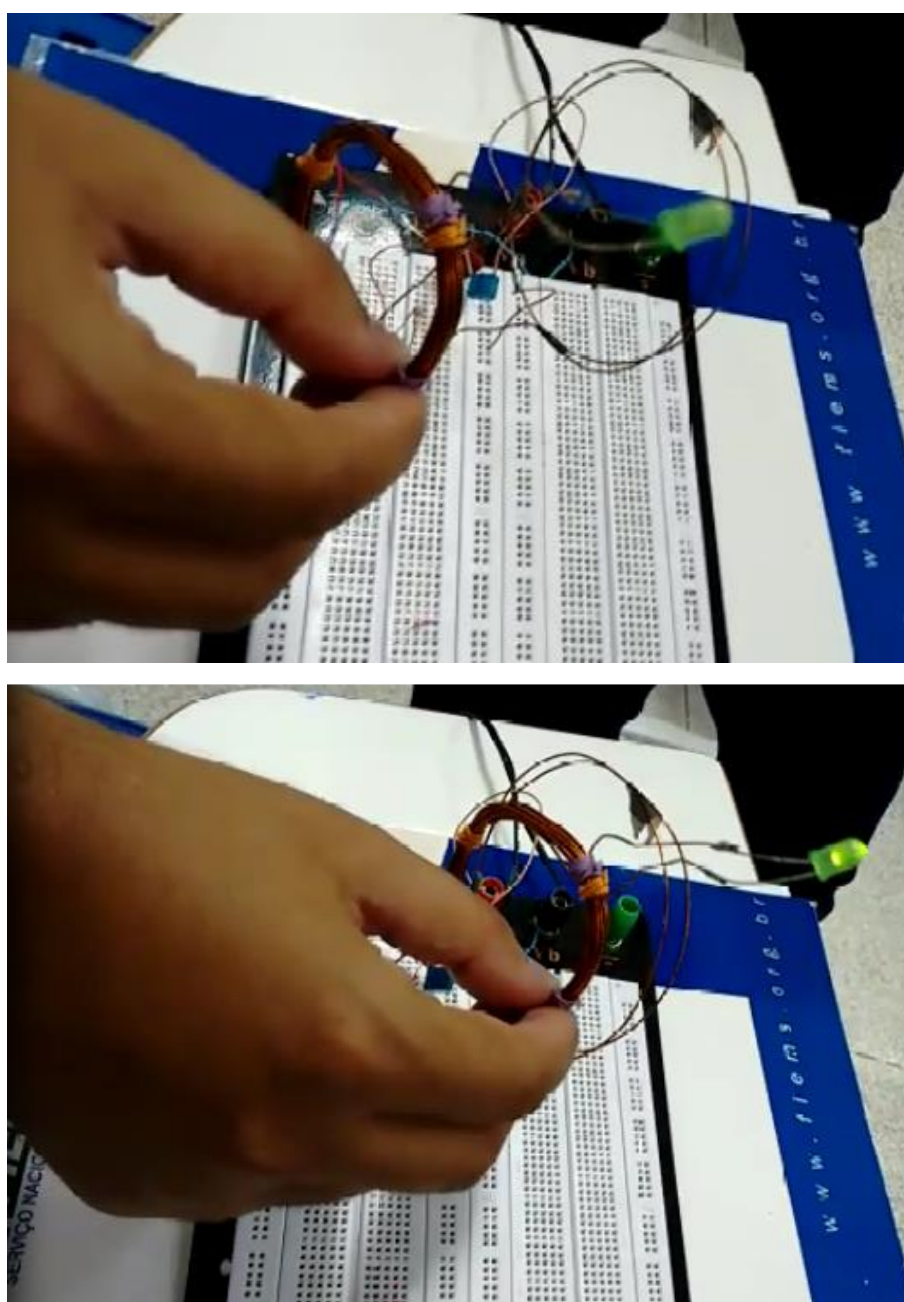


Figura 19 - Circuito com LED apagado e aceso. Fonte: Autoria própria.

Ainda com referência à adição da terceira bobina um dos estudantes relacionou tal situação com as ondas eletromagnéticas. Como as ondas possuem campos variando, é possível armazenar energia no capacitor e depois transmiti-la para a bobina com o LED.

Ainda a etapa de montagem do circuito, a professora-pesquisadora fez os seguintes questionamentos aos alunos:

*Vocês conseguem relacionar esses conceitos com algo do cotidiano de vocês? Qual seria o principal fenômeno envolvido no experimento? (Professora)*

*Envolve o princípio de rádio, onde se tem um transmissor que transmite a onda eletromagnética, e um receptor que recebe as ondas. (Aluno 2)*

*Transmissão de sinal dos celulares, onde são colocados de trechos em trechos torres para mandar um sinal até um ponto desejado. (Aluno 15)*

*Têm a ver com indução eletromagnética. (Aluno 9)*

A professora-pesquisadora queria possibilitar a ocorrência de mais discussões, já que os alunos estavam empolgados. Então, apresentou no slide a figura de um carregador de celular smartphone que utiliza como princípio de funcionamento a Indução Eletromagnética de Faraday; exatamente aos moldes da aplicação do experimento que os alunos tinham acabado de realizar (ver Figura 20).



Figura 20 - Ilustração de um carregador de celular smartphone. Fonte: [www.infoescola.com.br](http://www.infoescola.com.br).

Após uma série de questionamentos os estudantes ainda tinham uma série de curiosidades sobre o tema. Queriam saber como foi o experimento feito por Hertz, saber mais sobre circuitos oscilantes, se Hertz utilizou os mesmos componentes que eles utilizaram para montar o transmissor de energia sem fio. Após as devidas explicações, a professora-pesquisadora solicitou para que os grupos de estudantes elaborassem uma conclusão sobre a parte teórica e atividade experimental referente as ondas eletromagnéticas. O intuito era avaliar nessas conclusões como os estudantes compreenderam os conceitos envolvidos.

No quarto momento foi realizado um estudo sobre ondas sonoras. Neste estágio foram abordados temas como as formas de produzir sons, a velocidade do som em diferentes meios, a propagação longitudinal das ondas sonoras, a faixa de frequência audível o espectro sonoro. Com o intuito de apresentar aspectos teóricos que estariam presentes no produto educacional (circuito elétrico) a ser utilizado no quinto momento.

As atividades tiveram início com a professora-pesquisadora propondo a seguinte problemática: *como diferenciar um som de outro?* Os alunos levantaram hipóteses e discutiram as possíveis respostas, fazendo posteriormente os registros em uma tabela entregue aos grupos (Tabela 2). Após as discussões acerca das hipóteses levantadas, a professora-pesquisadora entregou aos grupos um texto (Apêndice G) com a teoria de ondas sonoras para a realização da leitura em sala de aula.

Foi concedido um tempo para a realização da leitura do texto e após esse período, a professora-pesquisadora fez a projeção de *slides* com os conteúdos presentes no mesmo, iniciando assim uma aula expositiva/dialogada. Um destes *slides* tinha a imagem do espectro sonoro, ponto que provocou muitas discussões sobre a faixa de frequência audível. No último slide foi feita era a projeção de um simulador de ondas sonoras (Figura 13). Um dos recursos desse simulador era uma fonte sonora, então a professora-pesquisadora selecionou essa única fonte e fez o seguinte questionamento:

*O que vocês conseguem perceber de diferente? (Professora)*

Nesse momento a professora-pesquisadora estava aumentando e diminuindo a frequência na barra lateral de ferramentas, e essa variação produzia o aumento e diminuição do som percebido pelo ouvido.

*Professora conforme a senhora aumenta a frequência, o som se torna mais incomodo aos nossos ouvidos. (Aluno 3)*

*As ondas que aparecem no simulador aumentam e diminui, conforme varia a frequência. (Aluno 5)*

*Conforme a frequência diminui o som se torna mais fraco. (Aluno 2)*

*Quais características estão presentes nas ondas? (Professora)*

*Frequência, e comprimento. (Aluno 1)*

*Os comprimentos das ondas aumentam conforme a senhora, diminui a frequência, e o som fica mais fraco. (Aluno 14)*

*E agora o que acontece de diferente? (Professora)*

Nesse momento, a professora-pesquisadora estava aumentando e diminuindo a amplitude, na barra de ferramenta ao lado do simulador.

*O som fica fraco e forte. (Aluno 18)*

*Alguns pontos ficam mais escuros e claros. (Aluno 10)*

Na sequência a professora-pesquisadora manipulou o simulador e deixou duas fontes produzindo som e perguntou:

*O que acontece com a mulher que se encontra próximo das caixas de som?  
(Professora)*

*Ela vai ficar surda com um som tão alto. (Aluno 7)*

*Ela não vai ouvir nada, porque as ondas estão se destruindo antes de chegar no ouvido da mulher. (Aluno 12)*

*Como vocês produziram um som? (Professora)*

*Falando alto. (Aluno 2)*

*Bato nas carteiras. (Aluno 15)*

*Como é possível vocês estarem me ouvindo? (Professora)*

Dessa vez, os alunos olharam um para o outro, e alguns relataram não saber responder. Alguns dos alunos se pronunciaram:

*Seria como na primeira aula de ondas, onde foi mencionado que as ondas mecânicas precisam de um meio para ir de um lugar até o outro. (Aluno 4)*

*É verdade, a onda eletromagnética não precisa de um meio. A sonora então precisaria. (Aluno 11)*

*No espaço, então, não é possível se comunicar porque não tem ar? (Aluno 2)*

Essa etapa da pesquisa teve como objetivos contextualizar que as ondas sonoras se propagam de forma longitudinal, comprimindo as partículas que compõem o meio, gerando zonas de compressão e rarefação. Além do mais, visava trabalhar o espectro sonoro, em especial as faixas de frequências audíveis para o ser humano de forma que os estudantes pudessem compreender, por exemplo, que o homem produz um som baixo (grave), e a mulher um som alto (agudo).

Ao discutir sobre o espectro sonoro, os estudantes ficaram impressionados com a faixa de frequência audível para os morcegos, o qual estende-se desde 10000 Hz até 150000 Hz. Aproveitou-se a oportunidade para explorar o conceito de nível sonoro, exemplificando com os valores que um ser humano suporta ficar submetido sem prejudicar a sua audição. Os alunos comentaram:

*Por isso, que se utiliza os equipamentos de segurança. (Aluno 6)*

*E com o passar dos anos, o ser humano perde sua capacidade de ouvir? (14)*

Um aluno que já trabalhou com produção musical disse que devemos nos cuidar e não ficar muito tempo com fones de ouvido, e não trabalhar sem protetores auriculares quando o ambiente é muito barulhento. Além disso, comentou que já tinha estudado que o ser humano perde sua capacidade auditiva à medida que envelhece.

É importante deixar claro que essa aula possuía como recursos um simulador e *slides* do texto. Com isso, alguns cuidados foram tomados para não a tornar puramente expositiva. Na apresentação do simulador, por exemplo, sempre que possível a professora-pesquisadora realizava um questionamento para despertar a curiosidade dos estudantes, provocar debates e levantar perguntas a serem respondidas pelos mesmos. No final dessa aula um estudante se pronunciou, dizendo:

*Gostei muito do tema de ondas, tanto as eletromagnéticas como as ondas sonoras, porque percebi sua importância. Até comentei em casa com o meu filho sobre as ondas, quando estávamos assistindo um desenho sobre o vácuo no espaço. Expliquei como as ondas eletromagnéticas chegam na Terra; que elas não precisam de um meio para se movimentar. Mencionei ainda que as ondas eletromagnéticas geradas pelo o Sol são as responsáveis pela energia das plantas, por ser possível visualizar e diferenciar as cores. (Aluno 8)*

Esse aluno ainda continuou:

*Tentei explicar sobre os raios gama e sua relação com as bombas nucleares, que por isso as usinas nucleares devem ser isoladas. E que esses raios são prejudiciais à saúde dos seres humanos. (Aluno 8)*

Esse comentário foi muito importante porque mostrou que as atividades foram significativas, e a Sequência Didática elaborada caminhava para o objetivo desejado, ou seja, proporcionar um ensino crítico-constructivista que corrobora com as ideias de Jófili (2002), as quais indicam que o ensino deve ser contextualizado e elaborado para elevar os conceitos dos alunos.

Na sequência, foi realizado uma explicação sobre os diodos emissores de luz (LEDs). Isso se fez necessário porque a próxima AEI era justamente a aplicação do circuito elétrico elaborado para esse estudo, no qual uma das saídas estava conectado a um LED que oscilava conforme a frequência. Por isso, os estudantes tinham que compreender que o princípio de funcionamento do LED é diferente de uma lâmpada incandescente comum. Sendo assim, a explanação do tópico de diodos foi realizada com o auxílio de *slides*.

Neste quinto momento o intuito era ensinar as propriedades de período, frequência e amplitude, presentes tanto em ondas eletromagnéticas como em ondas sonoras. Além disso, buscava-se contextualizar junto aos alunos que a visão humana consegue perceber uma oscilação no brilho das lâmpadas numa faixa de frequência entre 0,1 Hz até 20 Hz; e que a audição humana escuta sons numa faixa de frequência de 20 Hz até 20 kHz. Por fim, esperava-se sistematizar as hipóteses levantadas nos momentos anteriores, de modo que os estudantes pudessem responder a segunda pergunta problema (Como diferenciar um som do outro?) apresentada no quarto momento.

Inicialmente, pretendia-se trabalhar o circuito elétrico como uma atividade experimental de demonstração. Assim, o circuito, foi previamente montado sobre um aparato. Porém ao analisar a forma como tinha sido realizada a primeira AEI, a professora-pesquisadora concluiu que alguns estudantes poderiam não interagir/participar de uma forma significativa, já que haviam desenvolvido uma investigação de forma ativa, indicando ter sido muito positiva em relação a apropriação conceitual. Sendo assim, decidiu-se por desenvolver o quinto momento também como uma AEI.

As atividades iniciaram-se com os estudantes dirigindo-se até o Laboratório de Eletrônica Analógica. Em seguida, foi entregue um roteiro aberto contendo um esquema elétrico e também foi disponibilizado aos integrantes dos grupos os componentes eletrônicos para a montagem do circuito. Com mais experiência em manipular os instrumentos, e em interpretar os esquemas elétricos, os estudantes ao receberem os materiais e começaram uma intensa discussão sobre como desenvolver a atividade.

Foi possível observar nessa segunda AEI que os alunos estavam mais à vontade, motivados, independentes, com atitudes próprias. Também não tinham mais tanto medo dos



desafios, de socializar as ideias, de questionar/argumentar, de montar o circuito elétrico, e de pensar na melhor forma de conduzir a atividade experimental, conforme pode ser visto na Figura 21.



Figura 21 - Integrantes do grupo discutindo o processo de montagem. Fonte: Autoria própria.

O primeiro grupo, a finalizar a montagem do circuito elétrico precisava ligar uma caixa de som em uma de suas saídas. Então um integrante do grupo disse:

*Vamos utilizar o multímetro e identificar o positivo e negativo da saída de som e conectar no positivo e negativo da saída do circuito. (Aluno 9)*

Para uma melhor visualização dos fenômenos, a professora-pesquisadora utilizou um osciloscópio conectado à saída do LED. Essa estratégia foi utilizada porque quando não fosse mais possível a visualização da oscilação do brilho do LED, os alunos teriam como observar o valor da frequência no visor do osciloscópio (Figura 22).

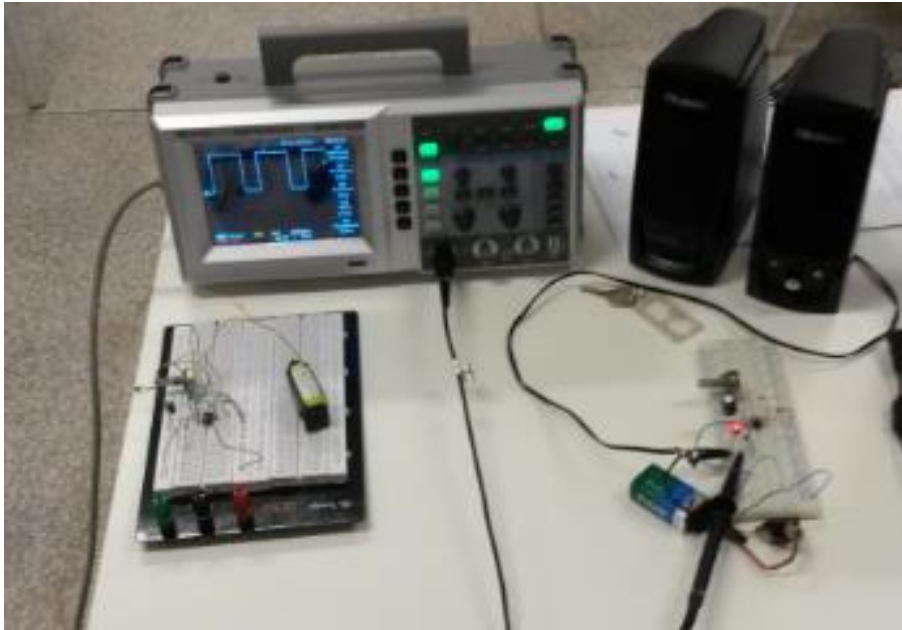


Figura 22 - Circuito elétrico ligado na caixa de som e osciloscópio. Fonte: Autoria própria.

Um dos fatores na determinação da faixa de frequência do sinal de saída do circuito era o valor da capacitância de um dos capacitores usados na montagem. Assim, para aumentar o intervalo da frequência, três capacitores com distintos valores, foram sendo alternados durante a experimentação.

O primeiro grupo conseguiu montar o circuito na placa de contato e conectá-lo a uma caixa de som na saída. No início, eles tiveram bastante dificuldade em operar o osciloscópio, porque até então não tinham trabalhado com esse equipamento, logo em seguida, ficaram encantados em observar o formato de onda que aparecia na tela, e sua relação com frequência de piscadas do LED e do som produzido pela caixa de som.

*À medida que aumenta o valor da resistência do potenciômetro, influencia na frequência de piscadas do LED. (Aluno 16)*

*Porque vocês acham que isso acontece? (Professora)*

*Quando giro o potenciômetro o som é um toque-toque, conforme o LED pisca. Mas se eu aumento, as batidas no som são mais rápidas. (Aluno 15)*

*O que é possível associar a isso? (Professora)*

*A frequência que o LED pisca. (Aluno 15)*

*O que é possível observar no osciloscópio. (Professora)*

*Se aumenta a frequência da onda o som fica mais forte, e as batidas coincidem com as piscadas do LED. Agora se a frequência da onda é menor, as batidas diminuem e o LED pisca lento. (Aluno 4)*

Após realizar as medidas com o primeiro dos três capacitores, o grupo o retirou e substituiu por outro capacitor de maior capacitância. Ligaram o circuito novamente e giraram o cursor do potenciômetro (ver Figura 23). Então o seguinte diálogo foi promovido:

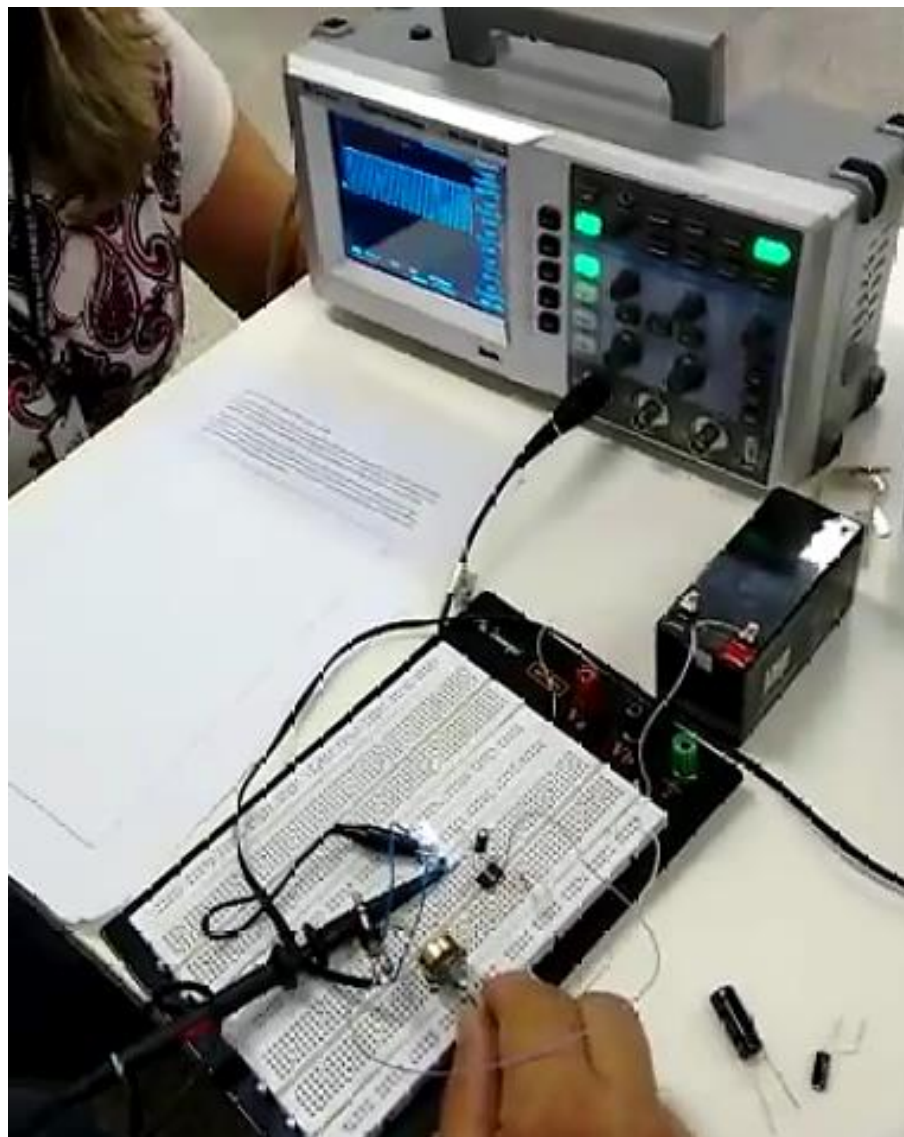


Figura 23 - Integrante do grupo girando o potenciômetro. Fonte: Autoria própria.

*Parece o motor de uma lambreta desregulado. (Aluno 12)*

*Caramba! É muito interessante! Quando gira o potenciômetro o som fica ensurdecedor. (Aluno 3)*

*O que vocês acham que contribui para isso? (Professora)*

*A frequência, que deixa o som mais agudo e fino. (Aluno 3)*

*Então quando variamos a frequência estamos mexendo com qual característica do som? (Aluno 5)*

*Com a altura, porque quando ele diminui a frequência o som fica mais fraco, e quando aumenta o som fica agudo. (Aluno 3)*

*E se ao invés de modificar a frequência variássemos a amplitude da onda? (Professora)*

*Mas no osciloscópio só está variando a frequência. (Aluno 3)*

*Mas caso pudéssemos variar a amplitude e não a frequência, o que vocês acham que iria acontecer? (Professora)*

*Se a frequência modifica a altura do som, a amplitude vai variar o aumento do som. (Aluno 5)*

*Caramba! Isso responde à pergunta feita pela professora na aula passada sobre o que diferencia um som do outro. É a altura do som que têm relação com essa onda aí no osciloscópio. Gira o potenciômetro. Olhem só, quando a frequência da onda diminui, o som fica mais fraco. Agora a medida que aumenta a frequência o som fica mais agudo e irritante. (Aluno 3)*

*Mas é só essa característica que diferencia um som? (Professora)*

*Acredito que a amplitude da onda influenciaria. (Aluno 6)*

*E o que está acontecendo com o LED? (Professora)*

*Com o outro valor de capacitor dava para ver ele piscar bem devagar, agora com esse capacitor ele está aceso direto. (Aluno 6)*

*Será que ele está aceso ou piscando? (Professora)*

*É como a lâmpada da sala professora, que pisca e não vemos porque a frequência da rede é alta né. (Aluno 5)*

*O que vocês acham? (Professora)*

*Pensem, se o LED piscava devagar a gente ouvia um toque-toque. Quando aumentamos, as batidas no som correspondiam o LED piscando mais rápido. Agora o LED está piscando muito rápido, e os intervalo das ondas, são tão junto ali no osciloscópio, que ouvimos esse som agudo e incomodativo, então o LED está piscando muito rápido e não vemos. (Aluno 3)*

Foi muito interessante os comentários do grupo, porque eles começaram a compreender que as principais características responsáveis por diferenciar um som do outro eram a frequência e a amplitude.

O próximo grupo que montou o circuito, não o ligou de imediato no osciloscópio. Eles estavam mais interessados em observar até quando eles poderiam enxergar o LED oscilando (Figura 24). Dessa forma, eles movimentavam constantemente o potenciômetro e como pode ser observado nas transcrições a seguir, os comentários eram:

*Olha só, aqui ele está piscando, agora nesse limite ele para de piscar. (Aluno 10)*  
*Ele parou realmente de piscar? (Professora)*  
*Acredito que não. Só não vemos mais. (Aluno 14)*  
*Por quê? (Professora)*  
*Porque se aumentou muito a frequência. (Aluno 14)*  
*Vamos colocar no osciloscópio para ver o valor da frequência que não enxergamos. (Aluno 10)*  
*Olha aqui está 30 Hz, e não vemos. Agora que está no 10 Hz dá para ver ele piscar. (Aluno 14)*

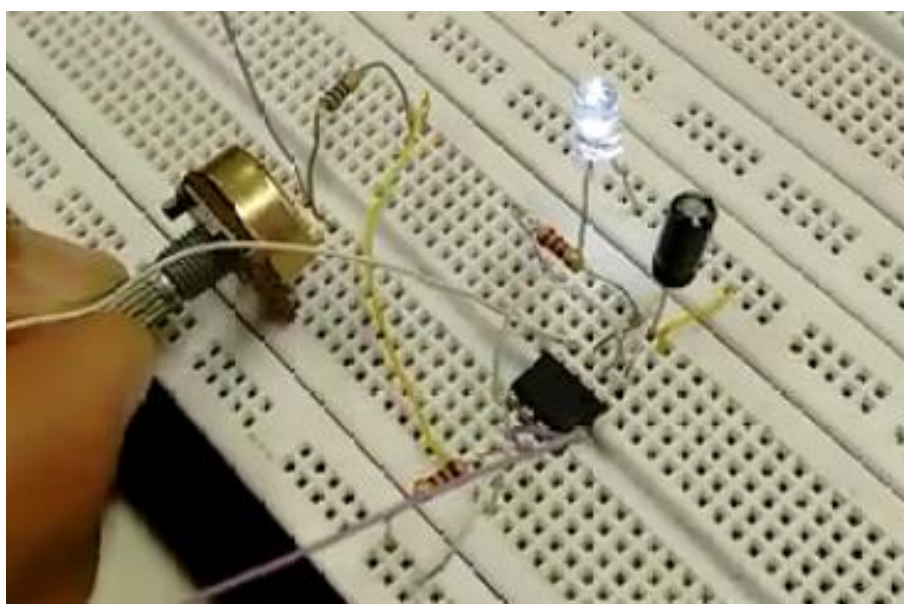


Figura 24 - Ilustração do aluno girando o cursor do potenciômetro, e LED aceso. Fonte: Autoria própria.

Depois que todos os grupos realizaram a AEI, a professora-pesquisadora demonstrou aos estudantes o circuito elétrico elaborado por ela, propiciando a sistematização dos conceitos apresentados. Foi importante notar que os integrantes dos grupos fizeram várias observações e compararam com as hipóteses iniciais, como pode ser visto na seguinte transcrição:

*Então para diferenciar um som do outro a propriedade envolvida é a altura do som, que tem relação com a frequência. (Aluno 8)*  
*Mais também tem a amplitude que trabalha a intensidade do som. (Aluno 9)*  
*Vocês acham que se tivéssemos gerado uma frequência acima de 20 kHz vocês iriam escutar o som? (Professora)*  
*De acordo com a tabela que a senhora passou no texto de ondas sonoras não. (Aluno 8)*

*Também acredito que não porque quando colocamos o capacitor que deixou o som bem alto, teve um momento que ele ficou muito fino, e a frequência da onda no osciloscópio estava alta demais. (Aluno 10)*

*O que vocês perceberam no circuito trabalhado? (Professora)*

*Envolve ondas eletromagnéticas no LED e ondas sonoras nas caixas de som. (Aluno 8)*

A professora-pesquisadora fez outros questionamentos ao longo da demonstração e, no final, entregou uma folha (Apêndice I) com algumas instruções aos grupos. Com o intuito de coletar dados a docente solicitou aos alunos que eles elaborassem relatos escritos, indicando se todas as atividades realizadas contribuíram para a apropriação dos conceitos científicos envolvidos na investigação. Os alunos levaram a folha para casa, elaboraram os relatos e depois entregaram para a professora-pesquisadora. Como avaliação final, os relatos elaborados foram apresentados pelos grupos na forma de seminário, o que contribuiu para uma maior sistematização/discussão entre os alunos sobre as hipóteses iniciais levantadas e sobre a conclusão que eles chegaram ao término das atividades.

Cada grupo apresentou o relato elaborado, sendo interessante observar que alguns estudantes estavam muito entusiasmados em apresentar as suas conclusões. Durante as apresentações os outros grupos questionaram bastante, sendo possível observar que a maior parte dos estudantes compreenderam quando uma onda é diferente da outra, ou seja, uma onda que possui maior frequência transporta maior energia, e que a altura do som possui relação com a frequência, e a amplitude se relaciona com a intensidade sonora.

## **4.2 Discussão dos resultados**

Nesta segunda parte da análise dos dados serão apresentados os resultados coletados nos seis momentos da implementação da Sequência Didática em sala de aula, com a utilização de um questionário, tabelas para registros das hipóteses e relatos escritos.

### **4.2.1 Primeiro momento: Conhecimentos prévios obtidos com o questionário**

Esse estudo utilizou do recurso de um questionário (Apêndice B) com perguntas dissertativas para identificar as ideias iniciais dos estudantes sobre ondas e, a partir destas, planejar uma sequência de atividades para elevar o conhecimento dos mesmos. Foi realizada

uma análise das respostas dos estudantes às perguntas do questionário, buscando-se observar a presença de ideias envolvendo ondas e como elas podem ser geradas, e também o que pudesse estar relacionado ao termo onda, como por exemplo, período, frequência, amplitude entre outros. Essa etapa foi realizada tendo-se em mente que os conhecimentos prévios ajudam a identificar os conceitos dos alunos sobre o tema, e que podem ser posteriormente utilizados como “pontes cognitivas” para a apropriação conceitual (MOREIRA, 2012).

Em um primeiro momento não se esperava respostas cientificamente corretas, mesmo assim, foi possível identificar diversidade nas respostas, a maior parte ligada a equipamentos eletrônicos que têm associação com as ondas eletromagnéticas. Esses dados foram analisados e agrupados conforme a relação conceitual entre os mesmos, estando os resultados das duas primeiras questões apresentados na forma de gráficos, nos quais estão descritos os pensamentos dos alunos sobre o que é uma onda, como é possível produzi-la, e qual a relação que eles atribuíram ao termo onda.

O primeiro gráfico (Figura 25) diz respeito à primeira pergunta: “O que é uma onda? E como ela pode ser gerada?”. Pela análise dos resultados obtidos sobre o que é uma onda, verificou-se que uma parcela significativa dos estudantes (8) mencionou que as ondas são sinais de comunicação de celular, TV e rádio, e que as ondas eletromagnéticas eram responsáveis pela transmissão de sinais. Também surgiram respostas com conceitos mais próximos dos termos científicos, como por exemplo algumas menções de que as ‘ondas são movimentos que transportam energia’ e ‘sinais transmitidos para antenas e satélites sem necessitar de fios’. Acredita-se que esses alunos poderiam estar se referindo às ondas eletromagnéticas, que podem ser transmitidas a longas distâncias sem necessitar de um meio para se propagar; mas também, deveriam estar se reportando ao conceito principal dos vários tipos de ondas existentes que é o transporte de energia para diferentes pontos.

Algumas das respostas foram bem interessantes, como a citação do fato de uma onda poder ser transmitida pelo ar. Aqui, o estudante deveria estar citando as ondas sonoras que é um dos tipos de ondas mecânicas que precisam de um meio para se propagar, no caso o ar. Outro conceito relatado que despertou a atenção foi o de que uma onda ser produzida por meio de uma força eletromagnética. Esse participante, em uma das discussões que ocorreram dentro da sala de aula, comentou que tinha feito um curso sobre motores elétricos e aprendeu que eles funcionam com o princípio de indução eletromagnética, com isso, foi possível concluir que ele estava se reportando a ondas eletromagnéticas poderem ser produzidas pelo processo de indução.

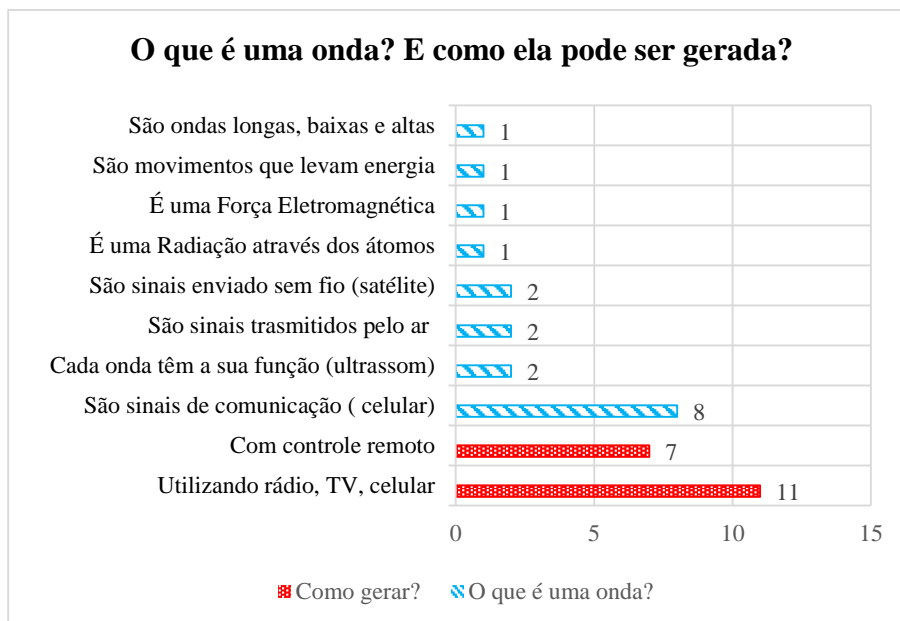


Figura 25 - Conhecimentos prévios dos estudantes sobre o que é uma onda e como ela pode ser gerada. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Também interessante foi o fato de que todos os estudantes destacaram alguns equipamentos eletrônicos como forma de gerar uma onda, como o uso de um controle remoto, ou mesmo um celular, rádio e satélites. Provavelmente os alunos se reportavam às ondas eletromagnéticas, e acredita-se que tais menções se deram pelo fato de utilizarem esses equipamentos em seu cotidiano.

Nas respostas à segunda pergunta (O que vocês relacionam a esse termo “Onda?”) também houve uma grande variedade de termos, que foram agrupados na forma gráfica (Figura 26). Os estudantes relacionaram o termo onda a uma diversidade de fenômenos e, das respostas obtidas, mais da metade fizeram a ligação do termo onda com o movimento das águas, provavelmente referindo-se às ondas marítimas que é um tipo de onda mecânica que tem a água como meio para a propagação da energia de um ponto até outro. É interessante observar também que onze dos dezoito estudantes fizeram referência as ondas eletromagnéticas em suas respostas. Alguns alunos relacionaram o termo onda com a característica de frequência. Isso foi bem interessante porque até então não tinha sido feito nenhum comentário sobre os tipos de ondas e suas características; só depois, com a realização das outras atividades, é que seria feita uma sistematização dessas características de ondas.



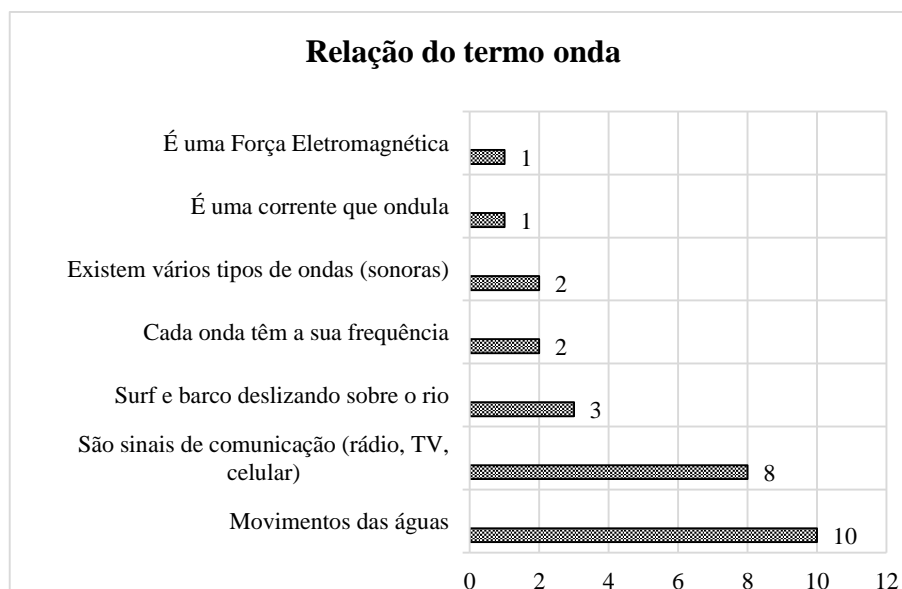


Figura 26 - Conhecimentos prévios sobre a relação do termo onda. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

No próprio corpo do questionário havia um item que solicitava aos estudantes para desenharem três formatos de ondas utilizando alguns pedaços de barbante e, à frente de cada uma dessas ondas, eles deveriam desenhar um objeto. O intuito dessa atividade era avaliar quais os conhecimentos os estudantes possuíam sobre as características das ondas, como frequência, amplitude entre outras. Além de começar a abordar a ideia de que uma onda ao se propagar transporta apenas energia e não matéria. Um exemplo dessas ondas e desenhos pode ser observado na Figura 27.

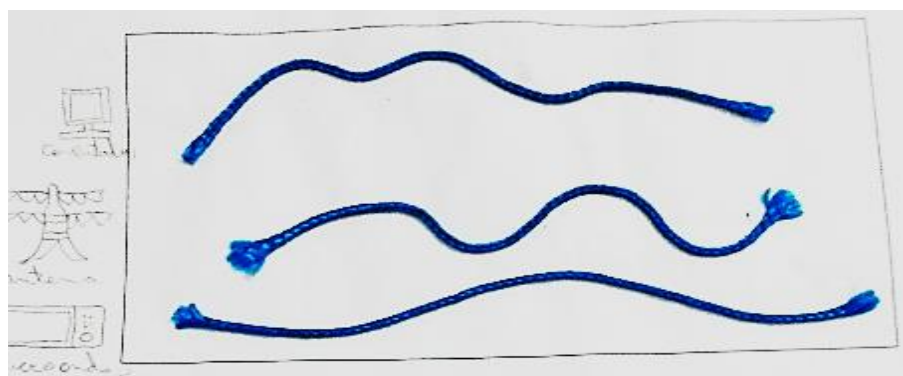


Figura 27 - Desenhos feitos pelos alunos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Para um dos grupos participantes, foi possível observar que em todos os desenhos havia uma relação entre a onda construída e equipamentos eletrônicos (aplicações tecnológicas) como micro-ondas, computador, e com as ondas de rádio. Na visão desses alunos essas tecnologias funcionam transmitindo ou recebendo uma onda, algo que está correto; eles só não conseguiam estabelecer uma relação conceitual clara.

Foi possível confirmar essa hipótese pela análise das respostas aos dois últimos itens do questionário. Ao responderem as perguntas, referente às características das ondas e o que poderia ser comparado entre os vários formatos construídos, as ideias relatadas foram bastante diversas. Como exemplo, eles sempre mencionavam que uma onda é transmitida com frequências diferentes, utilizando-se dos termos ‘mais rápido’, ‘mais lento’ ou ‘mais longo’. Na visão desses alunos, se uma onda possui uma frequência maior ela é mais rápida, e se tem uma frequência menor ela é mais lenta. Eles ainda não tinham uma definição conceitual que maiores ou menores frequências estão relacionadas a energia transportada pela onda, assim, a atribuição era feita a velocidade da onda. Exemplificação dessas respostas estão ilustradas na Figura 28.

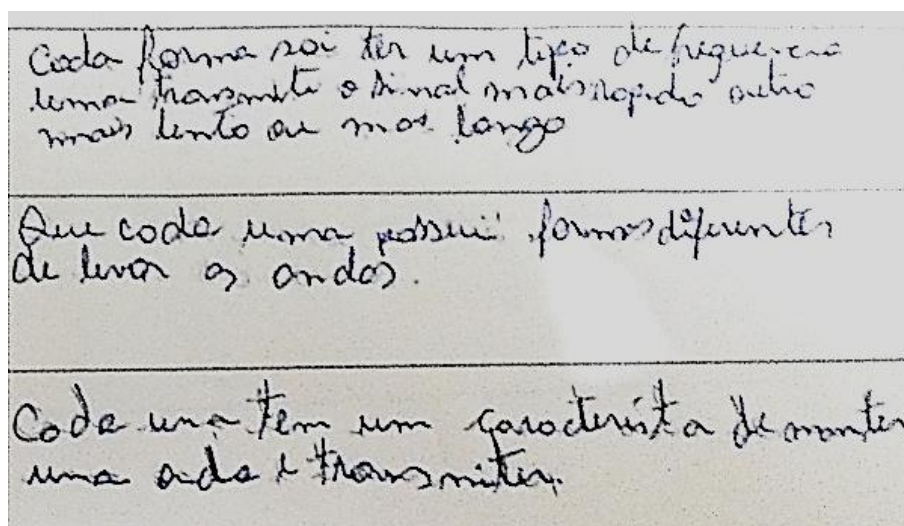


Figura 28 - Respostas referente ao quinto item do questionário. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Nos desenhos feitos por outro grupo de estudantes novamente foi estabelecida uma relação entre aplicações tecnológicas e os fenômenos ondulatórios. Além do mais, foi interessante perceber que esse grupo de estudantes parecia ter a noção de algumas características das ondas, construindo formas com amplitudes e comprimentos de ondas diferentes, conforme pode ser observado na Figura 29. No entanto, em nenhuma das falas eles atribuem esses formatos de ondas com essas características, sempre se referindo a maior ou menor velocidade.

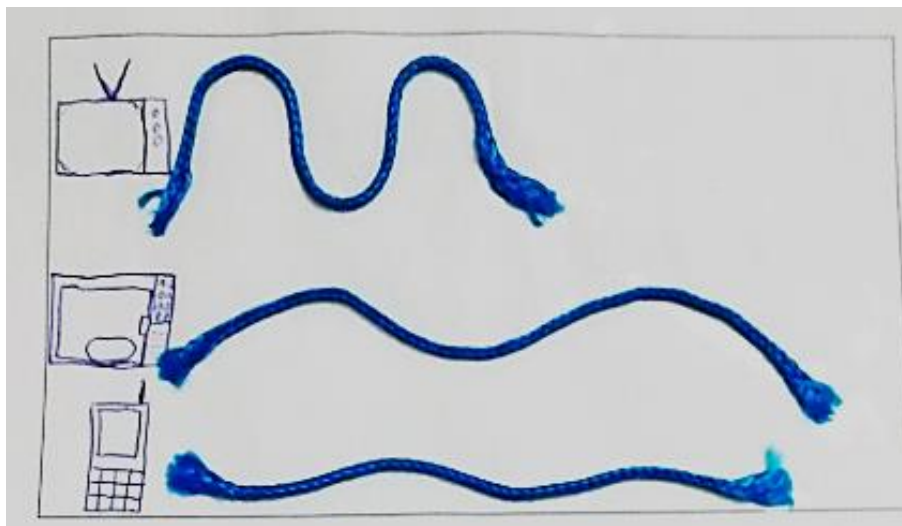


Figura 29 - Desenhos feitos pelos alunos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Os alunos desse mesmo grupo, ao se depararem com a quarta questão, a qual indagava o que aconteceria com o objeto desenhado no início das ondas, ou não souberam responder ou nem mesmo forneceram indícios de que a onda ao se propagar iria provocar uma perturbação nesse objeto, ou ainda que eles iriam oscilar na frequência dessa onda. De fato, como comentado inicialmente, não era esperado respostas científicas estritamente corretas; no entanto, o objetivo de que os alunos apresentassem algum conhecimento prévio sobre o tópico foi satisfeito. A Figura 30 mostra os resultados da quarta questão respondida por esse grupo de alunos.

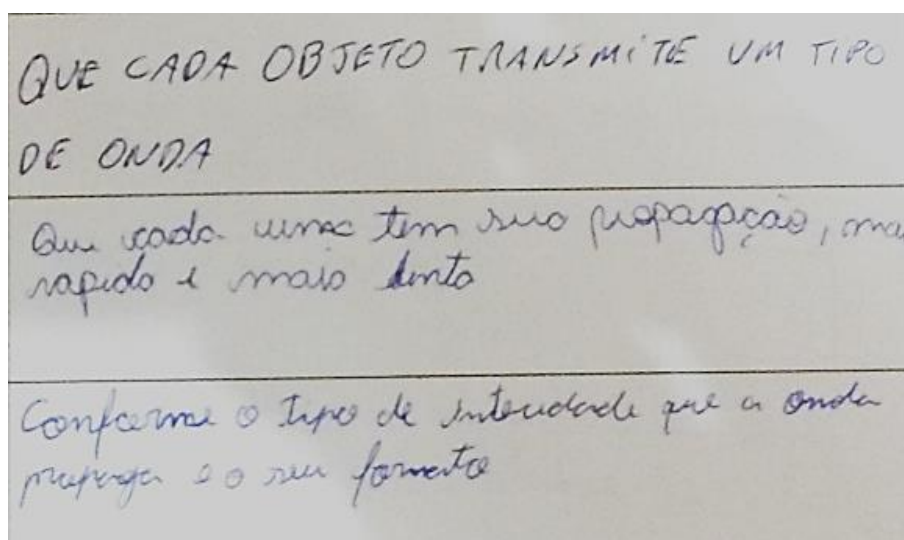


Figura 30 - Respostas dadas pelos alunos ao quarto item do questionário. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

#### 4.2.2 Segundo e terceiro momentos: Hipóteses e conclusões elaboradas

Foi realizada uma análise das hipóteses levantadas pelos estudantes no segundo momento, e as conclusões elaboradas pelos grupos ao término da AEI do terceiro momento, em que os alunos tentaram responder a primeira pergunta problema da investigação.

Como já havia sido identificado os conhecimentos prévios dos estudantes no primeiro momento, era então o momento de realizar a primeira pergunta problema (*Como transmitir energia sem fio?*), para que os estudantes levantassem hipóteses a fim de se chegar a uma solução. Com isso, para saber se os estudantes haviam compreendido a pergunta, a professora-pesquisadora passou por todos os grupos avaliando como eles estavam conduzindo a atividade. Foi possível perceber que eles estavam em uma intensa discussão sobre o problema levantado, sempre trocando ideias entre os integrantes do grupo e dos grupos vizinhos.

Nessa perspectiva, as hipóteses registradas pelos grupos de estudantes (Tabela 1) tentando responder a primeira pergunta problema (*Como transmitir energia sem fio?*), foram analisadas e agrupadas conforme a relação conceitual entre os mesmos. A Figura 31 apresenta uma síntese dos resultados obtidos.

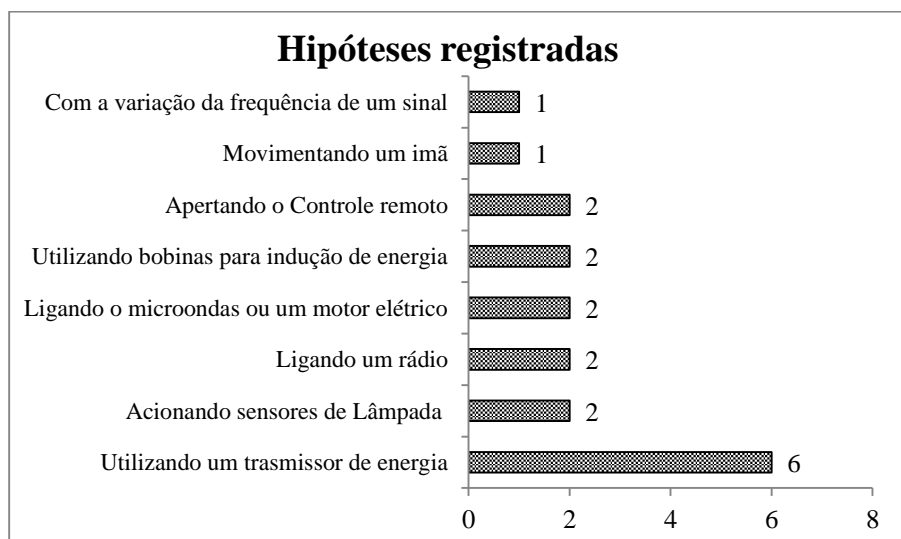


Figura 31 - Hipóteses levantadas pelos estudantes (primeira pergunta problema). Fonte: Sujeitos da pesquisa.

A maior parte dos alunos desse curso técnico já trabalhavam com elétrica, por isso, várias das hipóteses apresentaram relação com emissor e receptor, outras com motor, ou até mesmo “sensores de lâmpadas”. Foi interessante perceber que os estudantes já apresentavam uma certa apropriação nos conceitos, talvez pelo fato de já se ter trabalhado nos momentos anteriores, a fundamentação teórica envolvendo os vários tipos de ondas.

Alguns alunos continuaram a relacionar os fenômenos ondulatórios com aparelhos tecnológicos, não que isso seja errado, mas eles não definiram com clareza como isso acontece, quais os fenômenos que estão por trás do acontecido. Outros estudantes até tentaram explicar dizendo que a energia pode ser transmitida “induzindo uma energia”, mas não explicaram com clareza como o processo de indução gera uma onda eletromagnética induzida. Essas hipóteses com certeza foram resultado das discussões que ocorreram na fundamentação teórica sobre ondas eletromagnéticas. As hipóteses de indução eletromagnética, geração de energia com um ímã, e o conceito de receptor e emissor fomentaram as discussões para a realização da primeira Atividade Experimental Investigativa.

Essa primeira atividade experimental consistia na montagem de um circuito elétrico composto por duas bobinas, que tinham como princípio de funcionamento a Indução Eletromagnética de Faraday. Dessa forma, esperava-se que os estudantes compreendessem que o processo de indução eletromagnética produz uma onda eletromagnética com campos elétricos e campos magnéticos variáveis, os quais se propagam pelo meio com velocidade próxima da luz. Também se esperava a compreensão de que as duas bobinas trabalham em ressonância, de forma que a primeira bobina acoplada ao circuito produz os fenômenos de indução, e a segunda bobina que não está conectada ao circuito e se encontra a uma certa distância do mesmo, recebe o sinal apresentando os mesmos fenômenos da primeira bobina, ou seja, as duas bobinas trabalham em ressonância.

Ao término das atividades a professora-pesquisadora solicitou aos estudantes que elaborassem uma conclusão da AEI. Como eles se encontravam muito entusiasmados, prontamente escreveram as conclusões. Exemplos dessas respostas encontram-se ilustradas na Figura 32.

As conclusões citadas mostram que AEI foi importante para a apropriação conceitual dos estudantes. A partir das citações dos alunos, foi possível observar que alguns dos objetivos da atividade foram alcançados. Sinais dessa apropriação foram percebidos quando, por exemplo, os estudantes mencionaram que uma onda eletromagnética não necessita de um meio para se propagar, ou mesmo quando eles citaram o processo de indução eletromagnética como princípio de funcionamento do circuito, ou ainda quando, compreendendo uma das aplicações desse fenômeno no cotidiano, os alunos mencionaram “carregadores de celulares”.

Por fim, pode-se dizer que todas as conclusões formuladas pelos grupos são grandes indícios que essa AEI ajudou a criar um ambiente propício para apropriação da aprendizagem.

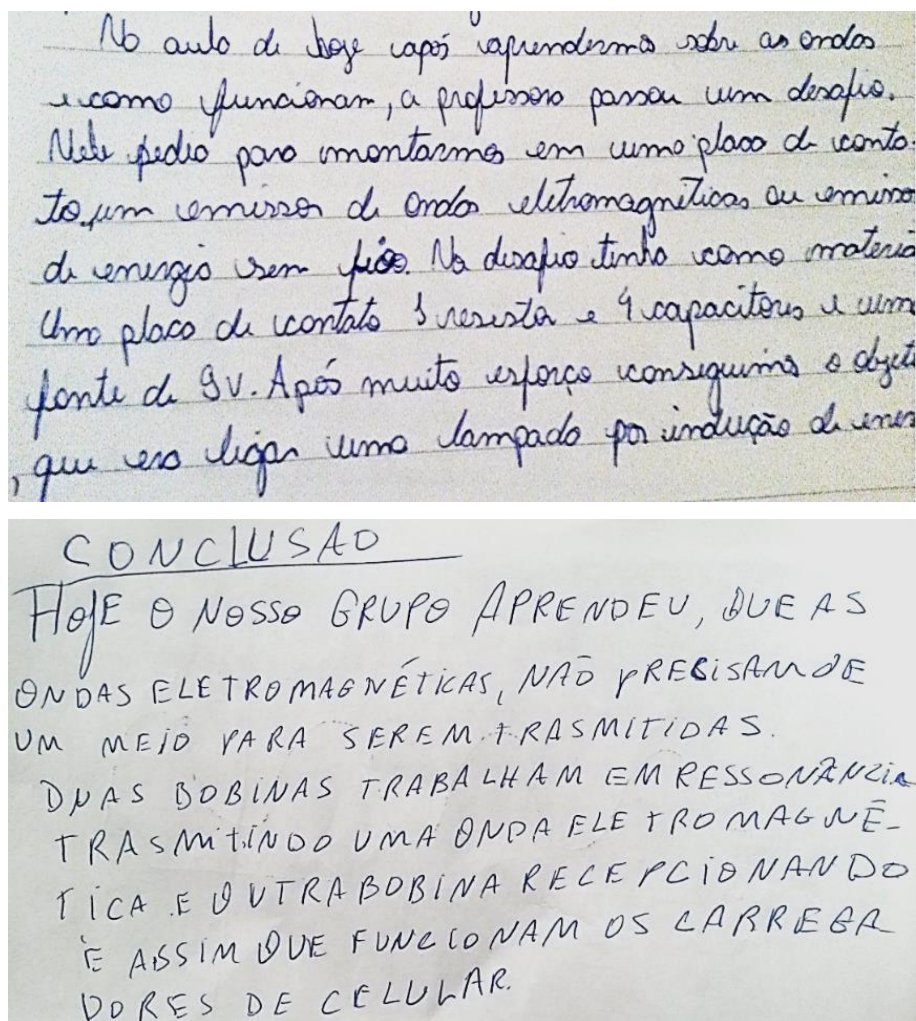


Figura 32 - Exemplos de conclusão elaborada pelos alunos. Fonte: Sujeitos de pesquisa.

#### 4.2.3 Quarto, quinto e sexto momentos: Hipóteses e relatos escritos

Nessa subseção é realizada uma breve análise das hipóteses levantadas pelos estudantes no quarto momento tentando responder a segunda pergunta problema dessa investigação (*Como diferenciar um som do outro?*). Também é feita uma análise dos relatos escritos elaborados no quinto momento, logo ao término da segunda AEI, e também são feitas algumas observações quanto ao que os estudantes apresentaram no sexto momento como forma de avaliação.

No que diz respeito as hipóteses levantadas para tentar responder a segunda pergunta problema, os dados foram analisados e agrupados conforme a relação conceitual entre os mesmos (Figura 33).

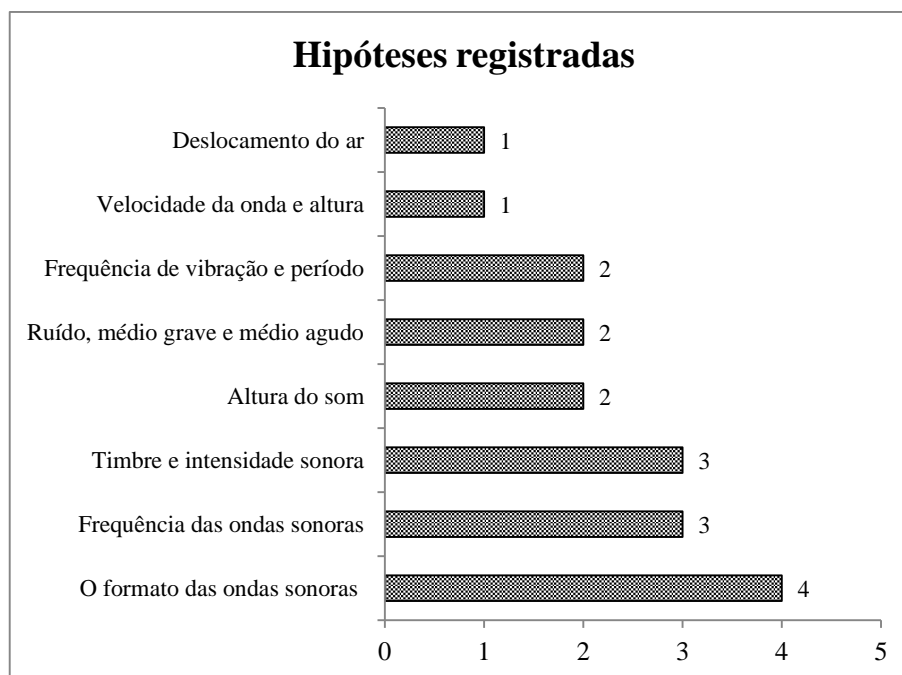


Figura 33 - Hipóteses levantadas pelos estudantes (segunda pergunta problema). Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Foi possível observar uma diversidade de respostas sobre o que diferencia um som do outro, mas pode-se dar um pequeno destaque para uma parcela dos estudantes que compararam a diferença do som com o formato da onda, pois acredita-se que eles estavam tentando mencionar as características das ondas como amplitude e frequência.

Foi interessante analisar que alguns estudantes citaram alguns conceitos trabalhados com a fundamentação teórica de ondas sonoras, como intensidade sonora, frequência, altura (grave e agudo) e timbre, mostrando que as atividades trabalhadas no quarto momento foram potencialmente significativas, pois houve a apropriação de novos conhecimentos antes não mencionados. Todos os alunos não chegaram a mencionar as aplicações tecnológicas de ondas sonoras e se reportaram mais aos fenômenos físicos envolvidos. As discussões dessas hipóteses no quarto momento contribuíram para o desenvolvimento da segunda AEI desenvolvida no quinto momento da Sequência Didática.

A segunda AEI consistia na montagem de um circuito elétrico gerador de ondas composto de duas saídas, o qual permitiu trabalhar os conceitos de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras de forma conjunta. Nesse caso, era esperado que os estudantes compreendessem quais as faixas de frequências sonoras são audíveis e quando variações de intensidades luminosas podem ser perceptíveis para o olho humano, possibilitando, assim, que fossem encontradas respostas para a segunda pergunta problema desse estudo.

Ao término da segunda AEI a professora-pesquisadora solicitou aos estudantes que eles elaborassem relatos escritos sobre todas as atividades desenvolvidas na implementação da Sequência Didática. O objetivo dessa avaliação era fazer com que os estudantes refletissem sobre os conceitos e procedimentos realizados ao longo da investigação.

Por fim, a professora-pesquisadora sugeriu aos estudantes que eles elaborassem os relatos fora do ambiente escolar, para que eles não ficassem preocupados com o tempo de redação, e assim, pudessem refletir mais sobre as atividades desenvolvidas em cada um dos momentos.

Foi realizada a análise desses relatos escritos tentando encontrar indícios na escrita sobre o possível aprendizado dos conceitos trabalhados. Foi observado que os quatro relatos escritos apresentavam estruturas parecidas, então optou-se em analisar um desses relatos de forma detalhada, o qual tinha uma melhor descrição das atividades realizadas. Os demais realizados foram analisados de forma fragmentada, dando ênfase aos conceitos diferentes do relato avaliado na íntegra.

#### **4.2.4 Relato completo**

A critério de exemplificação será apresentado o relato de um grupo, no qual pode-se verificar a estruturação de acordo com a sequência das atividades desenvolvidas nos distintos momentos usados na implementação da Sequência Didática. A Figura 34 mostra na íntegra este relato, sendo importante mencionar que os registros estão apresentados sem nenhuma modificação dos conceitos registrados pelos alunos. A transcrição do relato escrito é a seguinte:

*Durante o período em que tivemos aula a professora nos passou o conceito de Ondas e suas propriedades por meio de slides e explicações teóricas.*

*Também estudamos sobre a existência de dois tipos de Ondas, as ondas mecânicas (ondas marítimas, ondas sísmicas e, ondas sonoras) e as ondas eletromagnéticas. Foi mostrado suas diferenças, que as ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar já as ondas eletromagnéticas não.*

*Após a apresentação da teoria foi passado um experimento, onde nós transmitimos energia sem fio através da propagação das ondas eletromagnéticas induzidas em um receptor e indutor.*

*Nos últimos dias estudamos os conceitos de ondas sonoras e as propriedades que diferenciam um som do outro, sendo elas a frequência e amplitude da onda.*



Logo após isso foi realizado um experimento com ondas sonoras onde montamos um circuito usando um LED, potenciômetro, CI (circuito integrado) etc. No qual o objetivo era alternar a frequência do LED. Após isso, conectamos o circuito no osciloscópio e foi feito um jumper (ligação) em uma caixa de som, onde ouvimos a onda sonora e visualizamos o formato da onda. Com isso, podemos entender de uma maneira melhor e, fomos capazes de unir a teoria e prática melhorando nosso aprendizado.

Durante o período em que tivemos aula, a professora nos passou o conceito de onda e suas propriedades, mas através de slides e explicações teóricas.

Também estudamos que existe dois tipos de ondas, as mecânicas (ondas marítimas, sísmicas, sonora, e as ondas eletromagnéticas. Foi mostrada suas diferenças, tal como, as ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar, já as eletromagnéticas não.

Após a teoria foi nos passado um experimento, onde nos transmitimos energia sem fio, através da propagação das ondas eletromagnéticas induzidas no receptor e indutor.

Nos últimos dias vimos os conceitos dos ondas sonoras que também possuem as mesmas propriedades da onda sonora que diferenciam um som de outro, sendo eles, a frequência e amplitude da onda.

Logo após isso, fizemos um experimento com ondas sonoras, onde montamos um circuito em que usamos um LED, potenciômetro, C.I., etc. No qual o objetivo era alternar a frequência do LED. Após isso, colocamos o circuito no osciloscópio e fizemos um jumper em uma caixa de som, onde podemos ouvir a onda sonora e ver o formato da onda.

Com isso podemos entender de uma maneira melhor, onde fomos capazes de unir a teoria e prática melhorando nosso aprendizado.

Figura 34 - Relato escrito. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

No início do relato os alunos mencionam os conceitos trabalhados no primeiro momento, com ênfase em ondas e suas características e nos recursos utilizados. No segundo parágrafo eles fazem menção ao primeiro, segundo e quarto momentos, nos quais foram trabalhadas as fundamentações teóricas de ondas num contexto geral, mas também se tratou de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras. É importante destacar que os alunos apresentam o conceito correto que de as ondas mecânicas precisam de um meio para se propagar e que ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio, porém, não fizeram nenhuma referência ao conceito de vácuo. No entanto, de forma geral, as ideias registradas mostram que as atividades investigativas elaboradas, bem como os recursos utilizados, ajudaram a criar um ambiente propício para a apropriação dos conceitos iniciais para o científico.

No terceiro parágrafo do relato os estudantes destacam que após a sistematização da teoria eles realizaram uma atividade experimental envolvendo a transmissão de energia. Essa AEI foi realizada no terceiro momento, e o objetivo da mesma era que os estudantes compreendessem o princípio de indução eletromagnética de Faraday. Nos registros é possível observar que os alunos compreenderam que as ondas eletromagnéticas foram produzidas pelo processo de indução quando destacam a propagação de ondas eletromagnéticas induzidas, e chamam a fonte geradora de indução como receptor e indutor.

Já no quarto parágrafo os estudantes mencionam que após serem trabalhados os conteúdos de ondas eletromagnéticas eles estudaram a teoria de ondas sonoras. Ainda nesse parágrafo eles levantaram uma resposta para a segunda pergunta problema dessa pesquisa (*Como diferenciar um som do outro?*) dizendo que as características que diferenciam os sons são a amplitude e a frequência. Isso mostra que a implementação do circuito elétrico elaborado atingiu um dos seus objetivos, que era fazer com que os alunos compreendessem que as duas principais características responsáveis por diferenciar os sons são a frequência e amplitude da onda sonora.

No quinto parágrafo os estudantes comentam sobre o experimento envolvendo o circuito elétrico. Eles fazem menção aos componentes elétricos utilizados para montar o mesmo e os recursos utilizados (osciloscópio e caixas de som) para observar e escutar o aumento e diminuição das frequências produzidas com o circuito. É interessante observar que foi importante para eles verem o formato da onda no osciloscópio e saber os valores de frequência da mesma.

No último parágrafo eles fazem uma observação sobre como é importante trabalhar a teoria aliada à prática, esse comentário despertou a atenção da professora-pesquisadora porque ela percebeu a importância de trabalhar os conteúdos nessa perspectiva investigativa, o que

proporcionou a oportunidade de os estudantes trabalharem a teoria e a aplicação da mesma em um mesmo ambiente laboratório.

Como dito anteriormente, outra característica importante observada nesse relato é que ele estava estruturado de acordo com a ordem das atividades desenvolvidas, e comparando esses conceitos apresentados com os iniciais observa-se uma apropriação dos conhecimentos prévios. Isso de fato é válido porque no início eles sempre relacionavam as ondas com as suas aplicações tecnológicas, mas ao fim das atividades eles enfatizavam mais os fenômenos físicos envolvidos. Isso mostra claramente que o circuito elétrico elaborado, bem como as atividades investigativas da Sequência Didática, permitiu ao professor produzir um ambiente propício para a aprendizagem, e todas essas atividades contribuíram para a apropriação conceitual dos estudantes.

Em todos os outros relatos apresentados os estudantes apresentaram uma apropriação conceitual, consolidando a ideia de que a frequência e amplitude são as principais propriedades da onda responsáveis pela diferenciação dos sons. Outro objetivo deste estudo foi satisfeito quando os estudantes mencionaram que até 20 Hz eles conseguiam ver o LED piscando no circuito, e que a partir desse valor parecia ele estava aceso de forma contínua, conforme ilustrado na Figura 35.

ONDAS SONORAS - A FREQUÊNCIA VISÍVEL PELO LED É DE ATÉ 20 HZ, QUANDO ELE ESTÁ PISCANDO, QUANDO O LED PARA DE PISCAR A FREQUÊNCIA É ACIMA DE 20 HZ SO SE PERCEBIDA COM UMA

Figura 35 - Recorte de um relato escrito de um dos grupos. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Os alunos de um outro grupo elaboraram uma conclusão com conceitos científicos corretos para as ondas sonoras, quando eles mencionaram que as características que diferenciam os sons são a amplitude a frequência, mas não relacionaram as mesmas com a intensidade sonora e altura do som. Quando mencionaram sobre as ondas eletromagnéticas, eles não explicaram com clareza os fenômenos, mas foi possível perceber uma apropriação conceitual, conforme mostra a Figura 36.

CONCLUSÃO - A ENERGIA ELÉTRICA TAMBÉM É TRANSMITIDA ATU DE UM CAMPO ELÉTRICO MAGNÉTICO, E AS ONDAS SONORAS SÃO DIFERENCIADAS PELA SUA FREQUÊNCIA E AMPLITUDE.

Figura 36 - Recorte da conclusão de um relato escrito por um grupo. Fonte: Sujeitos da pesquisa.

Em um contexto geral foi possível verificar que todos os alunos da turma participante apresentaram uma apropriação conceitual sobre a temática de ondas, quando se compara os conhecimentos prévios registrados no questionário e os conceitos que aparecem nos relatos escritos.

# CAPÍTULO 5

## CONCLUSÕES



## 5 CONCLUSÕES

O objetivo do trabalho foi trabalhar a temática de ondas em um contexto teórico-experimental. Para isso foi produzido um produto educacional que se configura em uma Sequência Didática com atividades investigativas que contribuíram para a aprendizagem dos conceitos de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras por meio de aulas contextualizadas e Atividades Experimentais Investigativas (AEI).

Inicialmente foram propostas duas questões de pesquisa para nortear o desenvolvimento do trabalho. Para responder a primeira questão de pesquisa (*Como trabalhar numa perspectiva investigativa a temática de ondas em uma Sequência Didática?*) foi planejada uma sequência de aulas teóricas-expositivas e práticas envolvendo as TIC (simuladores, vídeos e, AEI envolvendo circuito elétricos) como principal recurso de sistematização dos conceitos científicos de Ondas. Para responder a segunda questão de pesquisa (*Como a Sequência Didática elaborada contribui para a apropriação dos conceitos científicos dos estudantes sobre as temáticas de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas?*) foi observado que as atividades investigativas da Sequência Didática ofereceram oportunidade para que cada estudante participasse ativamente do processo de ensino-aprendizagem. Isso ficou evidente tanto na análise dos relatos escritos pelos grupos ao término da implementação das atividades investigativas, onde os alunos citaram a importância de ser possível trabalhar teoria e prática em um mesmo ambiente e compreender que elas são um conjunto. Evidências também são visíveis na análise dos áudios, onde é possível perceber a intensa participação/discussão dos grupos de estudantes quando trabalhado os textos teóricos, os vídeos, os simuladores, a montagem e desenvolvimento dos circuitos elétricos.

Alguns aspectos a destacar é que foi possível perceber que os estudantes em alguns momentos da implementação da Sequência Didática, mais especificamente no primeiro e segundo momento, apresentavam dificuldades de compreensão dos fenômenos envolvidos, sempre se reportando à aplicação tecnológica, e não propriamente ao conceito físico em si, ou seja, eles sabiam que aquele equipamento utilizava dos princípios de ondas, porém não conseguiam explicar os mesmos. Ainda no início da implementação da Sequência Didática, a professora-pesquisadora encontrou certa dificuldade em promover o diálogo entre os sujeitos da pesquisa, visto que ela não tinha experiência com o ensino investigativo, e os estudantes

também encontraram dificuldades em se expressar ou mesmo participar das discussões. Neste sentido, foi importante ter feito o planejamento para que as atividades fossem trabalhadas com os estudantes reunidos em grupos, já que alguns tinham mais facilidade em se comunicar e puderam ajudar os alunos mais retraídos, e os que tinham mais conhecimentos dos assuntos tratados puderam compartilhar os mesmos com os seus companheiros de grupo.

É importante notar também que o circuito elétrico gerador de ondas (CIRGEON) elaborado para esse estudo contribuiu de forma positiva para a apropriação científica tanto no que diz respeito as ondas sonoras como das ondas eletromagnéticas. Os alunos compreenderam bem que as duas características que diferenciam os sons são a amplitude e o período, e que as ondas eletromagnéticas não precisam de um meio para se propagar podendo ser geradas pelo princípio de indução, compreenderam que a visão humana percebe oscilações até 20 Hz acima disso a visão enxerga como um contínuo. Além disso, os alunos observaram a importância de trabalhar teoria aliada a prática em um mesmo ambiente que propiciou a vinculação dessas duas vertentes de ensino. Os relatos escritos contribuíram para a reflexão e conclusão das atividades e fenômenos presentes nas ondas.

Todos esses aspectos mostram que a Sequência Didática elaborada contribuiu de forma positiva e produziu um ambiente propício para apropriação dos conceitos científicos de ondas sonoras e ondas eletromagnéticas.



---

## REFERÊNCIAS

ACESSA-FÍSICA Disponível em:

<[http://177.71.183.29/acesa\\_fisica/index.php/acesafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas](http://177.71.183.29/acesa_fisica/index.php/acesafisica/Midias/Audiovisual/Os-Curiosos-Ondas-Eletromagneticas)>. Acessado em março de 2016.

ACESSA-FÍSICA. Disponível em: <[http://177.71.183.29/acesa\\_fisica/index.php/acesafisica/Midias](http://177.71.183.29/acesa_fisica/index.php/acesafisica/Midias)>.

Acessado em março de 2016.

ALMADI, U. *Imagens da física -As idéias e as experiências do Pêndulo aos Quarks. Curso completo*. Scipione, São Paulo, 1995.

ALMEIDA, A. G. F. *As ideias balizadoras necessárias para o professor planejar e avaliar a aplicação de uma sequência de ensino investigativo*. Dissertação (Mestrado), Faculdade de Educação- Instituto de Física, Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

APO-ONDAS. Disponível em:

<[Ahttp://www.pttradio.qsl.br/Documentos/Apostila20Ondas%20e%20Antenas.pdf](http://www.pttradio.qsl.br/Documentos/Apostila20Ondas%20e%20Antenas.pdf)>. Acessado em fevereiro de 2016.

AULAS-FÍSICA. Disponível em: <[http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_07.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html)>. Acessado em fevereiro de 2016.

AZEVEDO, M. C. P. S. Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula. In: CARVALHO, A. M. P. C. (Org.). *Ensino de Ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thompson Learning, p. 19-33, 2004.

BEATRIZ, A. *Física - volume único*. Scipione, São Paulo, 2008.

BRAGA, N. C. *Curso de Eletrônica - Volume 1 - Eletrônica Básica*. São Paulo, 2001.

BRAGA, N. C. *Curso de Eletrônica - Volume 2 - Eletrônica Analógica*. São Paulo, 2005.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnologia. *Parâmetros Curriculares Nacionais: Linguagens, Códigos e suas Tecnologias*. Brasília, 2001.

BRASIL-ESCOLA. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-lenz.htm>>. Acessado em fevereiro de 2016.

CARVALHO, A. M. P. C. Ensino e aprendizagem de Ciências: referenciais teóricos e dados empíricos das sequências de ensino investigativas In: LONGHINI, M. D. (Org.) *XIII Seminário Nacional: O uno e o diverso na educação*. Uberlândia: EDUFU, p. 253-266, 2011.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C; VANUCCHI, A. I. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione. 1998.

CARVALHO, A. M. P. Critérios estruturantes para o ensino das ciências. In: CARVALHO, A. M. P. (Org.). *Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática*. São Paulo: Pioneira Thomson Learnrig, p. 1-17, 2006.

CASSARO, R. *Atividades Experimentais no Ensino de Física*. Especialização de Ensino em Física, Ji-Paraná, Paraná, 2012.

CLICK. Disponível em. <<http://blog.clickgratis.com.br/FisicaTubarao/>>. Acessado em março 2016.

DORNELES, P. F. *Integração entre atividades computacionais e experimentais*. Porto Alegre: (Tese) Doutorado em Ciências, 2010.

EXPLI-ONDAS. Disponível em. <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>>. Acessado em fevereiro de 2016.

FUKE, L. F., & YAMAMOTO, K. *Os Alicerces da Física, Termologia, Óptica e Ondulatória*. São Paulo: 5 ed., 1998.

GASPAR, A. *Física - Volume único*. São Paulo: Editora Ática, 2001.

GIANI, K. *A experimentação no Ensino de Ciências: possibilidades e limites na busca de uma aprendizagem significativa*. Brasília-DF: Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Ensino de Ciências, Universidade de Brasília, 2010.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. *Fundamentos da Física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica; tradução e revisão técnica Ronaldo Sérgio de Biasi*. Rido de Janeiro: LTC, 2015.

INFO-ESCOLA. Disponível em:< <https://www.infoescola.com.br>>. Acessado em março de 2016.

JÓFILI, Z. *Piaget, Vygostsk, Freire e a construção do conhecimento na escola*. 2002. Disponível em: <http://www.maxwell.lambda.ele.puc-rio.br/7560/7560.PDF>. Acesso em fevereiro de 2016.

JUSTEN, A. *Curso de Arduino. Apostila do aluno*, 2008. Disponível em: <http://cursodearduino.com.br/apostila/apostila-rev4.pdf>. Acessado em abril de 2016.

MARTINS, R. A. Orested ea descoberta do Eletromagnetismo. *Caderno de História e Filosofia da Ciência*, p. 89-114, 1986.

MAUÉS, E. R da C.; LIMA, M. E. C. C. Ciências: atividades investigativas nas séries iniciais. *Presença Pedagógica*, v.72, n.12, p.34-43, 2006.

- 
- MÁXIMO, M.; ABIB, M. L. V. S. Habilidades metacognitivas em atividades de resolução de problemas. In: IX CONGRESO Internacional sobre Investigación en Didáctica DE Las Ciencias, Girona, p. 2223-2237, 2013.
- MELLO, E. F. F.; TEIXEIRA, A. C. A interação social descrita por Vigotski e a sua possível ligação com a aprendizagem colaborativa através das tecnologias de rede. In: IX ANPED SUL Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul, 2012.
- MOREIRA, M. A. Organizadores prévios e aprendizagem significativa. *Revista Chilena de Educación Científica*, v. 7, n. 2, p. 23-30, 2008. Revisado em 2012.
- MUNFORD, D.; LIMA, M. E. C. C. Ensinar ciências por investigação: em quê estamos de acordo? *Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências*, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 72-89, 2007.
- MUSSOI, F. L. R. Fundamentos do eletromagnetismo. *CEFET*. Versão 3.3, Florianópolis SC. 2007.
- PENTEADO, P. C., & TORRES, C. M. *Física Ciência e Tecnologia*. São Paulo: Editora Moderna, 2005.
- PHET- COLORADO. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/generator](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/generator)>. Acessado em fevereiro de 2016.
- PHET- COLORADO. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sound)>. Acessado em fevereiro de 2016.
- PHET-COLORADO. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/faraday](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/faraday)> . Acessado em março de 2016.
- PHET-COLORADO. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/wave-on-a-string](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/wave-on-a-string)>. Acessado em março de 2016.
- PORTAL-PROFESSOR. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=281>>. Acessado em março de 2016.
- PRAIA, J., CACHAPUZ, A., GIL-PEREZ, D. A hipótese e a experiência científica em educação em ciência: contributos para uma reorientação epistemológica. *Ciência e Educação*, v. 8, n.2, p. 157- 262, 2002.
- ROCHA, F. S., MARRANGUELLO, G. F., LUCHESE, M. M. Acelerômetro Eletrônico e a placa de Arduino para Ensino de Física em tempo real. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v.31, n. 981,p. 98-123, 2014.
- ROCHA, R.; MARTINS-FILHO, L. S.; MACHADO, R. F. Analogia eletrônica no ensino de Física. *Ensino de Física*, v. 27, n. 2, p. 211-218, 2005.

- SÁ, E. F.; PAULA, H. F. P.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR, O. G. *As características das atividades investigativas segundo tutores e coordenadores de um curso de especialização em ensino de ciências*. In: Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências, 6, Florianópolis, SC, Atas..., 2007.
- SÁ, E. F.; LIMA, M. E. C. C.; AGUIAR J. O. A construção de sentidos para o termo Ensino por Investigação no contexto de um curso de formação. *Investigações em Ensino de Ciências*. v. 16, n. 1, p. 79-102, 2011.
- SASSERON, L. H. Alfabetização científica, ensino por investigação e argumentação: relações entre ciências da natureza e escola. Ensaio: *pesquisa em educação em ciências*, v. 17, n. especial, p. 49-67, 2015.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. almejando a alfabetização científica no ensino fundamental: a proposição e a procura de indicadores do processo. *Investigações em Ensino de Ciências*, v.13, n.3, p.333-352, 2008.
- SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. C. Construindo argumentação em sala de aula a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de Alfabetização Científica e padrão de Toulmin. *Ciência e Educação*, v. 17, n. 1, p. 97-114, 2011.
- SENAI. Confederação Nacional da Indústria- CNI. Metodologias SENAI para formação profissional com base em competências: norteador da prática pedagógica. Brasília, 2009.
- SENRA, C. P.; BRAGA, M. B. Pensando a natureza da ciência a partir de atividades experimentais investigativas numa escola de formação profissional. *Caderno Brasileiro Ensino de Física*, v. 31, n. 1, p. 7-29., 2014.
- SERWAY R. A.; JEWETT JR., J. W. *Oscilações, Ondas e Termodinâmica: Princípios de Física*, volume 2; tradução EZ2 Translate; revisão técnica Sergio Roberto Lopes. São Paulo: Cengage Learning, 2016.
- SLIDE-PLAYER. Disponível em: <<http://slideplayer.com.br/slide/328494/>>. Acessado em fevereiro de 2016.
- SOLINO, A. P.; GEHLEN, S. T. Abordagem temática Freireana e o ensino de ciências por investigação: possíveis relações epistemológicas e pedagógicas. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 19, n.1, p. 141-162, 2014.
- SOUZA, F. M. S.; SASSERON, L. H. As interações discursivas no Ensino de Física: a promoção da discussão pelo professor e a alfabetização científica pelos alunos. *Ciência e Educação*, v. 18, n.3, p. 593-611, 2012.
- UNESCO. *Ciência na escola: um direito de todos*. 2005. Disponível em: <<http://www.dominiopublico.gov.br/download/texto/ue000216.pdf>> . Acessado em: 12/05/2016.
- USP-LUMINI. Disponível em: <<http://www.fjf.uso.br/~lumini/fbativ/fbativ/flexper.htm>>. Acesso em fevereiro de 2016.
- VIGOTSKY, L. S. *A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores*. 6. ed. São Paulo: Martins Fontes, 1991.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; Sears & Zemansky- *Física II: Termodinâmica e Ondas*. São Paulo: Pearson, 2003.

YOUTUBE. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=cQB8xkVPERo>>. Acessado em março de 2016.

YOUTUBE. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=FYArBYI9V6o>>. Acessado em abril de 2016.

YOUTUBE. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=GMP14t9mgrc>>. Acessado em abril de 2016.

YOUTUBE. Disponível em: <<https://www.yutube.com/watch?v=XX9By5eHyOo>>. Acessado em março em 2016.

ZÔMPERO, A. F.; LABURÚ, C. E. Atividades investigativas no ensino de ciências: aspectos históricos e diferentes abordagens. *Ensaio: pesquisa em educação em ciências*, Belo Horizonte, v. 13, n. 3, p. 67-80, 2011.



---

## APÊNDICE A: TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Você está sendo convidado a participar de uma pesquisa: “Proposta de Sequência Didática para o ensino de ondas: uma abordagem teórico-experimental”, podendo decidir se quer ou não participar da mesma. Por favor, não se apresse em tomar a decisão, leia cuidadosamente o que se segue e sinta-se no direito de esclarecer qualquer dúvida ao responsável pela pesquisa, a Mestranda do Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física da Universidade Federal da Grande Dourados (MS), Regiane Nunes Dronov Murgi, sob a orientação do Prof. Dr. José Ezequiel de Souza, e coorientação da Profa. Dra. Ariane Baffa Lourenço, para os devidos esclarecimentos que julgar necessário. Este estudo contempla a aplicação de um produto educacional, composto pela montagem e desenvolvimento de um circuito elétrico e uma Sequência Didática investigativo, para o ensino de ondas e suas características.

Caso concorde em participar da pesquisa, seu nome e identidade serão mantidos em sigilo, sendo importante o esclarecimento de que não receberá nenhum benefício direto, como também nenhum prejuízo às suas atividades. A pesquisa se realizará por meio de atividades experimentais e questionários. Sua participação é voluntária, podendo optar em não fazer parte do estudo, estando livre para desistir a qualquer momento. Como segurança, este documento consta de duas vias, uma para o pesquisador e outra para o pesquisado. Contamos com sua compreensão e colaboração. Vale lembrar, que todo o resultado desta pesquisa estará acessível na biblioteca da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), após a defesa da pesquisa.

A realização da coleta de dados não traz riscos nem desconfortos aos participantes, as questões abordadas não são de cunho pejorativo e jamais haverá julgamento de valores, ou qualquer outro ato, que possam em algum momento, vir a prejudicar qualquer participante.

Os dados serão analisados mediante a devolução deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, devidamente assinado.

*Declaro que li e entendi este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, tendo todas as minhas dúvidas esclarecidas, sendo assim, aceito tomar parte desse estudo.*

---

Local: Dourados/MS





---

**APÊNDICE B: QUESTIONÁRIO**

1- Para vocês, o que é uma onda? Como e onde ela pode ser gerada?

Integrante 1

---

Integrante 2

---

Integrante 3

---

Integrante 4

---

Integrante 5

---

2- O que vocês relacionam a esse termo “Onda”?

Integrante 1

---

Integrante 2

---

Integrante 3

---

Integrante 4

---

Integrante 5

---

3- Utilizando três pedaços de barbante, façam três tipos de ondas diferentes. Desenhem um objeto qualquer logo no início de cada onda.



4- Imaginem que esses objetos possam se movimentar ao longo dessas ondas, o que aconteceria com eles?

Integrante 1

---

Integrante 2

---

Integrante 3

---

Integrante 4

---

Integrante 5

---

5- Comparando as formas das ondas feitas com os barbantes, quais características são possíveis de serem observadas?

Integrante 1

---

Integrante 2

---

Integrante 3

---

Integrante 4

---

Integrante 5

---

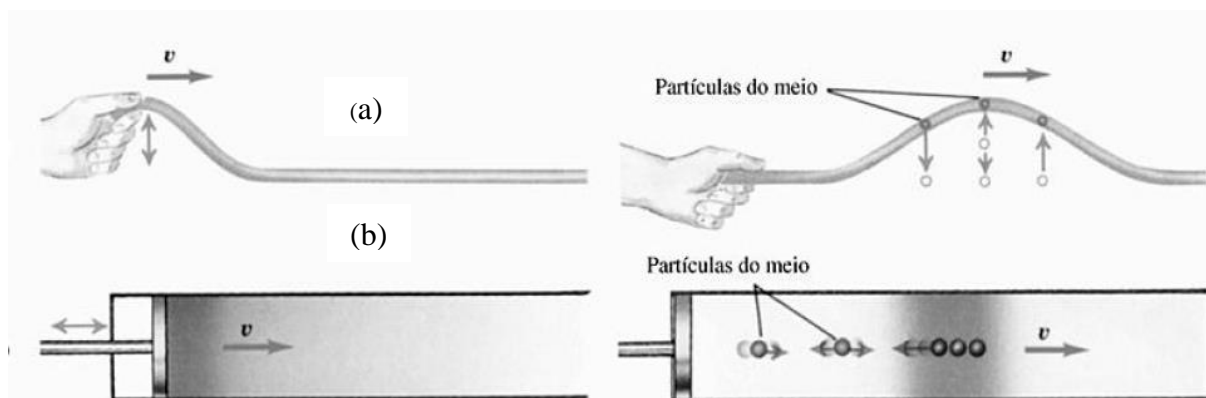
**APÊNDICE C: TEXTO SOBRE ONDAS**

# ONDAS

No experimento imaginário realizado, a onda se propaga num meio (barbante e palitos). Nesse caso, temos as ondas mecânicas, que são deformações provocadas num meio material elástico, transportando apenas energia mecânica. Entre as ondas mecânicas estão as ondas sonoras, ondas marítimas, ondas em cordas; ondas sísmicas entre outras (FUKE; YAMAMOTO, 1998).

No entanto, existem também ondas que se propagam sem necessidade de um meio, essas se classificam como ondas eletromagnéticas. Elas resultam de vibrações elétricas de cargas elétricas, transportando energia na forma de quanta (pacotes de energia), com uma combinação de campos elétricos e campos magnéticos. As ondas de rádio ou TV, micro-ondas, de ondas luminosas são três exemplos típicos desse tipo de ondas (SERWAY; JEWETT JR., 2016). Para melhor entendimento dos processos ondulatórios as ondas são classificadas em dois subgrupos da seguinte forma:

- Longitudinal: as partículas vibram na direção de propagação da onda.
- Transversal: as partículas vibram perpendicular em direção de propagação da onda.



**Figura A:** Exemplos de uma onda transversal (a) e outra longitudinal (b). Fonte: Young e Freedman (2003).

As ondas possuem algumas características, uma delas é chamada de crista ou amplitude, que corresponde ao ponto mais alto da onda. A distância entre duas cristas, é chamado de comprimento da onda geralmente representada pela letra grega  $\lambda$ .

O ciclo de uma onda, corresponde ao tempo para se completar uma única revolução é chamado de período (T), sua unidade é o segundo (s). A frequência (f) é o número de vezes que a mesma situação é repetida, em uma unidade de tempo, e sua unidade no SI é Hertz (Hz). Note então que o período é o inverso da frequência, e a frequência é o inverso do período, ou seja:

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

Um exemplo da aplicação dessa característica de onda, pode ser observado quando várias gotas caem sobre a água, formando ondas periódicas, que tende a se espalhar de forma radial, conforme ilustrado na Figura B.



**Figura B:** Ilustração de gotas caindo sobre a água. Fonte: Young e Freedman (2003).

As cristas formam círculos concêntricos, e a distância entre duas cristas sucessivas, corresponde ao comprimento da onda.

### Referências:

- FUKE, L. F.; YAMAMOTO, K. *Os Alicerces da Física, Termologia, Óptica e Ondulatória*. São Paulo: 5 ed., 1998.
- YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A.; Sears & Zemansky- *Física II: Termodinâmica e Ondas*. São Paulo: Pearson, 2003.
- SERWAY R. A.; JEWETT JR., J. W. *Oscilações, Ondas e Termodinâmica: Princípios de Física*, volume 2; tradução EZ2 Translate; revisão técnica Sergio Roberto Lopes. São Paulo: Cengage Learning, 2016.

## APÊNDICE D: TEORIA SOBRE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

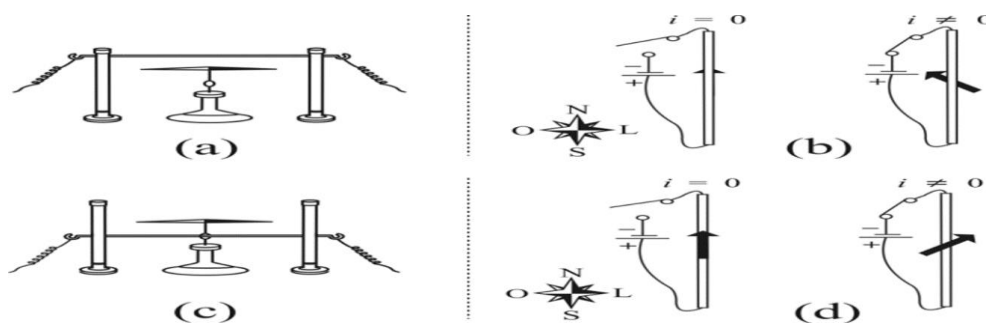
O texto a seguir traz os conceitos básicos sobre ondas eletromagnéticas e deve servir como referencial aos alunos. No entanto, deve-se estimular a procura por mais conteúdo em livros e outras bases de pesquisa.

# ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

No século XIX, eram intensas as pesquisas para comprovar a relação entre eletricidade e magnetismo. Vários cientistas como: Hans Cristian Oersted, Michael Faraday, André-Marie Ampere, Joseph Henry, Heinrich Lenz, James Clerck Maxwell e Henrich Hertz propuseram ou realizaram vários experimentos para comprovar a ligação entre esses dois fenômenos físicos.

### 1 Resumo dos estudos de Oersted, Ampère e Faraday

Em 1820, o professor Hans Cristian Oersted realizou um experimento, com um fio condutor, uma bússola e uma fonte de tensão elétrica. Esse experimento foi o passo inicial, para a descoberta do eletromagnetismo. Entre as observações de Oersted, ele constatou que a passagem da corrente elétrica num fio condutor retilíneo alterava a direção da agulha magnética de uma bússola (MARTINS, 1987).



**Figura A:** Ilustração do experimento de Hans Cristian Oersted. As letras (a) e (c) mostram o experimento de perfil. As letras (b) e (d) mostram a vista de cima. Fonte: FILHO; CALUZI; CHAIB e ASSIS (2007).

A Figura A traz um esquema de um experimento de Oersted de forma resumida, podemos enumerar as observações feitas pelo cientista da seguinte forma (MARTINS, 1987):

- I. Ao ligar a chave a agulha magnética se movia, e sua extremidade mais próxima do terminal negativo era desviada para oeste, (Fig. A-b)
- II. A agulha da bússola não fazia um ângulo perpendicular de  $45^\circ$ , em relação ao fio.
- III. Ao afastar o fio da agulha da bússola sua deflexão diminuía.
- IV. Independente do fio estar do lado direito ou lado esquerdo da agulha, ela sempre girava para o mesmo lado.
- V. Deixando o fio condutor paralelo a agulha magnética, ela girava para o oeste, estando abaixo do fio. E a agulha girava para leste se estivesse acima do fio, (Fig. A-a) e (Fig. A-b)
- VI. Ao utilizar alguns versorium<sup>10</sup> elétricos, feito de diversos materiais (aço, alumínio, plástico, madeira e papel) elas não giravam.
- VII. Ao variar o material do fio rígido por (platina, ouro, ferro estanho, prata, massa de mercúrio e fita de chumbo) se percebia, que ambas as agulhas, sempre se desviavam para o oeste. Dependendo do material, elas se desviavam, com maior ou menor ângulo.

Apesar de, Oersted ter feito todas essas observações, foi André-Marie Ampère, Físico Francês, que em setembro de 1820 apresentou um trabalho, usando os conceitos de “tensão elétrica” e “corrente elétrica”. Na qual propôs que a corrente elétrica que circulava pelo fio condutor, era a responsável por gerar um campo magnético, levando a deflexão na agulha imantada da bússola (MUSSOI, 2007).

Essa relação entre corrente elétrica e campo magnético é conhecida como *Lei de Ampère*, também chamada de regra da mão direita. A Lei de Ampere permite identificar o sentido das linhas de campo magnético e a corrente elétrica num condutor, como indicado pela Figura B (MUSSOI, 2007).

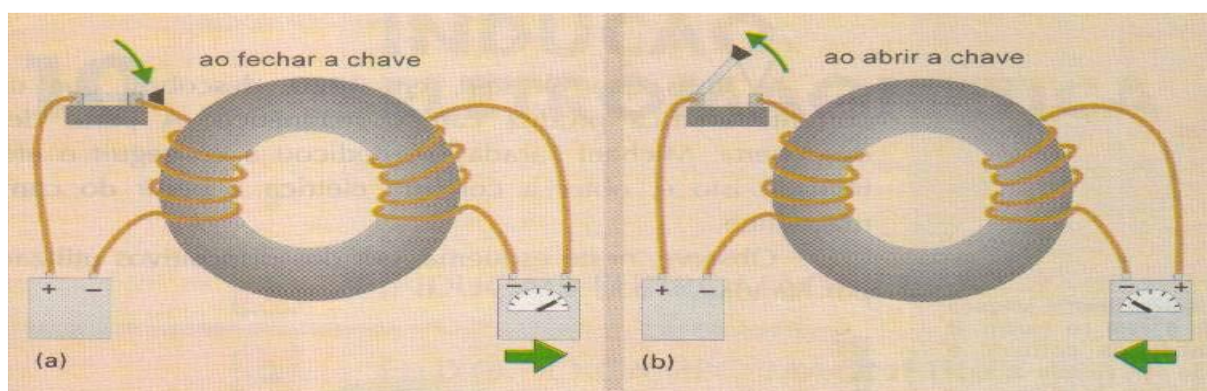


**Figura B:** Esquema da regra da mão direita. O polegar indica o sentido da corrente elétrica, e os demais dedos indicam o sentido do campo magnético. Fonte: <https://donaatraente.wordpress.com/enquadramento-teorico/campo-magnetico/regras-para-determinar-o-sentido-do-campo-magnetico>.

<sup>10</sup> Versorium: Constituído de uma haste e uma hélice feita de materiais diferentes.

Em 1831, outro cientista chamado Michael Faraday conseguiu demonstrar que era possível gerar uma corrente elétrica por meio de um campo magnético variável. Tal fenômeno é hoje conhecido por **Indução Eletromagnética** (MUSSOI, 2007).

Faraday sabia que para movimentar cargas elétricas (elétrons livres), era necessário um campo elétrico. Para isso ele construiu um aparato com duas bobinas, e no interior das mesmas colocou um núcleo ferromagnético. A primeira bobina era ligada a uma chave liga-desliga, e a outra bobina conectada a um galvanômetro<sup>11</sup> (MUSSOI, 2007). Um esquema simples do experimento de Faraday está ilustrado na Figura C.



**Figura C:** Experimento de Faraday, com a chave aberta (a) e a chave fechada (b). Fonte: Mussoi (1996).

### Observações de Faraday:

- I. Ao fechar a chave, Faraday observou que o campo magnético criado pela corrente elétrica no enrolamento primário aumentava até atingir a bobina secundária. Isso induzia uma corrente na mesma, ele percebeu isso porque a agulha do galvanômetro se movimentava toda vez que a chave era fechada. O fenômeno era observado logo após a chave ser fechada pois a corrente aumentava gradativamente. Quando o campo magnético no enrolamento primário se estabiliza (se torna constante) a corrente cessava no enrolamento secundário.
- II. Enquanto o campo magnético permanecia constante no enrolamento primário, não aparecia corrente elétrica no enrolamento secundário.
- III. Ao abrir a chave o campo magnético diminuía no enrolamento primário, e uma corrente elétrica era gerada no enrolamento secundário, com sentido oposto ao anterior (MUSSOI, 2007).

<sup>11</sup> Galvanômetro: espécie de medidor de corrente, com escala zerada no meio.

- IV. A simples presença do campo magnético não gera corrente elétrica; para produzir corrente elétrica, é preciso variar fluxo magnético; todo condutor enquanto sujeito a uma variação de fluxo magnético é estabelecida uma força eletromotriz; quando o campo magnético é crescente a corrente induzida possui um sentido; quando o campo magnético é decrescente a corrente possui sentido contrário (MUSSOI, 2007).

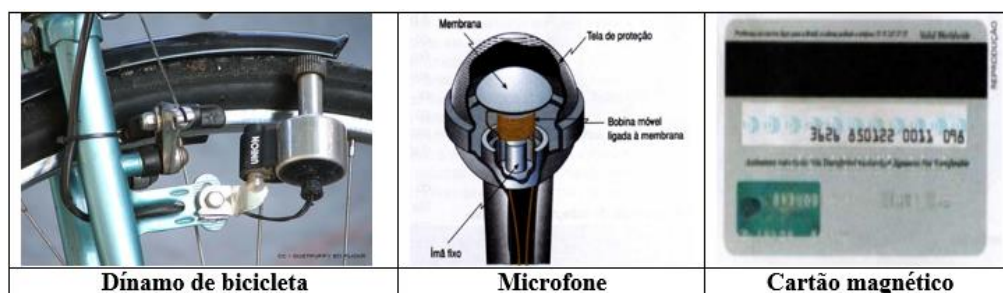
Dessa forma, Faraday pode-se fazer o seguinte enunciado (GASPAR, 2001, p. 451):

*"um campo magnético variável numa determinada região do espaço gera um campo elétrico também variável nessa mesma região".*

Com isso, quanto mais o fluxo magnético variar maior em um intervalo de tempo, maior será a tensão induzida ( $\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt}$ ) essa equação é conhecido como a Lei de Faraday, onde ( $\mathcal{E}$ ) é a força eletromotriz induzida (tensão induzida) e ( $d\Phi/dt$ ) é a taxa de variação do fluxo magnético por unidade de tempo (MUSSOI, 2007).

## 2 Aplicações da Indução Eletromagnética

A indução eletromagnética é o princípio de funcionamento de vários dispositivos elétricos/eletrônicos utilizados na atualidade. A Figura D traz alguns exemplos de dispositivos usados no cotidiano e que dependem do princípio para funcionarem.



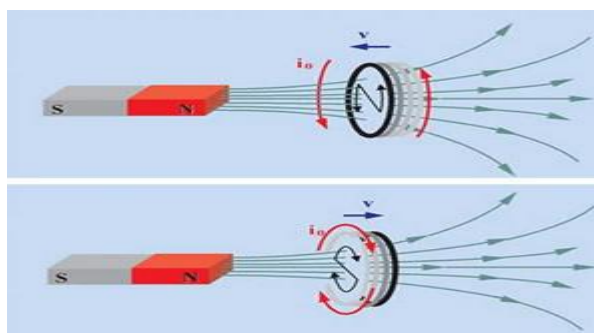
**Figura D:** Dínamo, microfone e cartão magnético. Fonte- Penteado e Torres (2005)

## 3 Resumo dos estudos de Lenz

Com base nas conclusões estudos de Faraday, o Físico Heinrich Lenz realizou estudos sobre a indutância. Criando a simbologia de representação convencional para o sentido do fluxo magnético induzido numa espira, conhecido hoje como a Lei de Lenz (MUSSOI, 2007). A Lei de Lenz é expressa pelo sinal negativo na equação da Lei de Faraday (MUSSOI, 2007).



Lenz percebeu que o fluxo magnético variável, induz uma força eletromotriz, que proporciona a circulação de uma corrente elétrica na espira. Essa corrente elétrica induzida que circula na espira, cria por sua vez um fluxo magnético induzido que deve se opor à variação do fluxo magnético indutor. Como o fluxo magnético indutor está aumentando (ímã se aproximando da bobina), a oposição dar-se-á através de um fluxo magnético induzido de sentido contrário, de tal forma que enfraqueça o fluxo magnético indutor, tentando impedir o seu crescimento (variação positiva). Quando o fluxo magnético induzido está diminuindo (ímã se afastando da bobina), a atração é no sentido contrário de forma que fortaleça o fluxo magnético indutor, e tenta impedir a diminuição (variação negativa), com isso, a Lei de Lenz é o sinal negativo que aparece na Lei de Faraday ( $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$ ) (MUSSOI, 2007). Conforme mostra a Figura E.



**Figura E:** Campo magnético induzido na espira. Fonte: <http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-lenz.htm>

#### 4 Resumo dos estudos de Maxwell

O cientista James Clerk Maxwell foi o primeiro a supor a existência de ondas eletromagnéticas. De fato, elaborou algumas equações baseando-se nos estudos de Oersted, Ampère, Faraday e Lenz e como Faraday já havia demonstrado que era possível gerar um campo elétrico através de um campo magnético variável, Maxwell comprovou o efeito contrário, a variação do campo elétrico gera um campo magnético (MUSSOI, 2007).

Então Maxwell conclui que:

*"um campo magnético variável gera um campo elétrico induzido, também variável (GASPAR, 2008, p.451).*

"o campo eletromagnético se propaga pelo espaço, atingindo regiões cada vez mais distantes do ponto em que ocorreu a oscilação" (ALMADI, 1995, p. 381).

Com isso...

"Maxwell mostrou por meio de suas equações que essa perturbação, ao se propagar, deveria apresentar todas as características de um movimento ondulatório: deveria sofrer reflexão, refração, difração, interferência, exatamente como acontece com uma onda. Por esse motivo foi denominada de **onda eletromagnética**" (BEATRIZ, 2008, p.307).

Maxwell percebeu que a corrente elétrica induzida, ao percorrer um fio condutor leva consigo todas as características e fenômenos que a originou, ou seja, gera ondas eletromagnéticas no percurso. Maxwell calculou e provou que essa velocidade de propagação é a mesma da luz visível 300.000 km/s ou  $3 \times 10^8$  m/s (BEATRIZ, 2008).

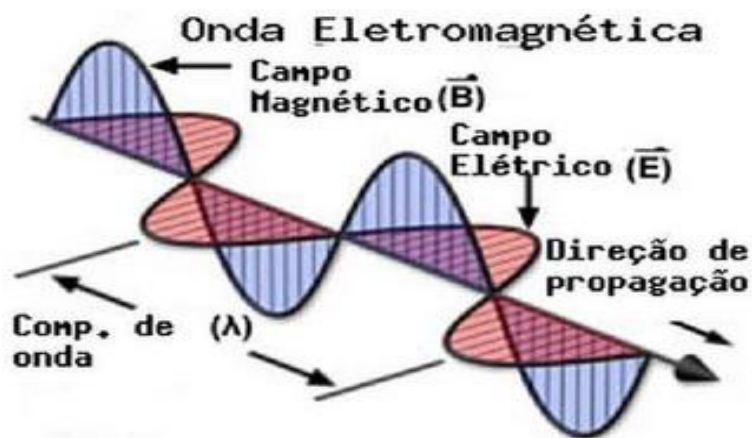


Figura F: Onda eletromagnética. Fonte: <http://blog.clickgratis.com.br/FisicaTubarao/>.

**Conclusões de Maxwell:** Ondas eletromagnéticas são geradas por cargas elétricas em movimento que produzem os campos elétricos e magnéticos, e que campo elétrico variável no tempo produz campo magnético, ou campo magnético variável no tempo produz campo elétrico, dessa forma, as oscilações dos campos elétricos e magnéticos transportam energia e informações de um ponto ao outro em alta velocidade (BEATRIZ, 2008).

É importante salientar que estamos imersos em ondas eletromagnéticas, inclusive as produzidas pelas reações nucleares do Sol, que viajam pelo espaço e atinge diversos astros inclusive a Terra. A energia transportada por essas ondas eletromagnéticas interage com tudo

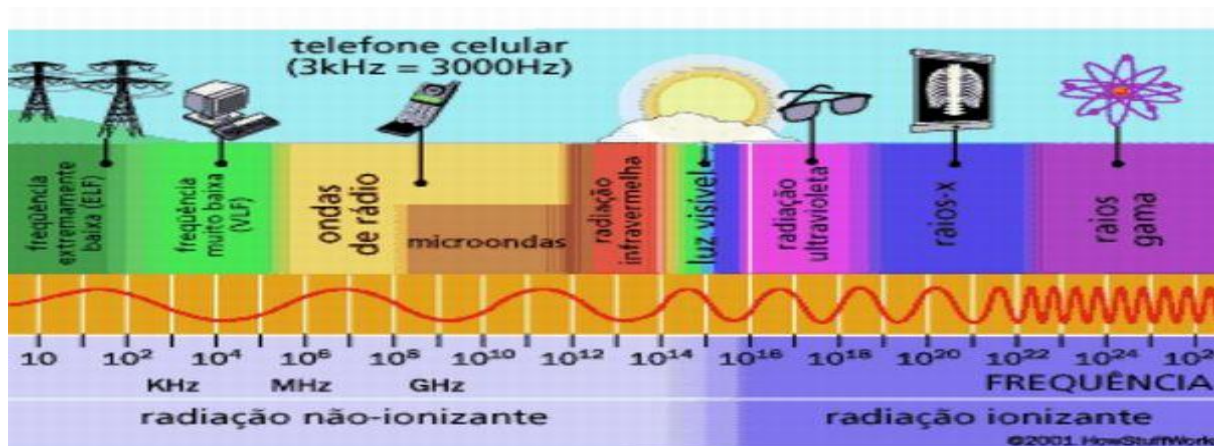
ao nosso redor, inclusive nos seres humanos. Graças as ondas eletromagnéticas é que conseguimos enxergar, e pelas diferenças em suas frequências temos a possibilidade de fazer distinção das cores (MUSSOI, 2007).

## 5 Resumo dos estudos de Hertz

Em 1887 o físico Henrich Hertz realizou algumas observações no decorrer de seus estudos/pesquisas. Ele notou que o mesmo instante que deflagrava uma faísca em uma das bobinas, na outra acontecia o mesmo, só que intensidade menor. Assim, Hertz conseguiu produzir ondas eletromagnéticas por meio de circuitos oscilantes, e receber por meio de outros circuitos sintonizados na mesma frequência comprovando as hipóteses de Maxwell. Em homenagem ao seu trabalho a unidade de frequência é chamada de “Hertz” (MUSSOI, 2007).

Como sugestão assista a um vídeo que explica detalhadamente a descoberta das ondas de rádio. Disponível no site: <https://www.youtube.com/watch?v=FYArBY19V6o>.

## 6 Espectro eletromagnético e aplicações de ondas eletromagnéticas



**Figura G:** Espectro eletromagnético. Fonte: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=281>

A transmissão de ondas eletromagnéticas é princípio básico para o funcionamento de equipamentos que utilizamos no cotidiano como o rádio, a televisão, o controle remoto, a internet, o forno micro-ondas, o radar entre de outros. Estes vários dispositivos dependem da transmissão e também da recepção de ondas eletromagnéticas (ver Figura G).

As características das ondas eletromagnéticas das ondas eletromagnéticas são (BEATRIZ, 2008):

- I. Os campos elétricos e magnéticos são sempre perpendiculares quanto a direção de propagação.
- II. Os campos elétricos e magnéticos são perpendiculares entre si e estão em fase.
- III. A onda eletromagnética é caracterizada por três grandezas: período (T), frequência (f) e fase ( $\phi$ ).
- IV. Período é tempo que a onda leva para percorrer um ciclo completo.
- V. Frequência número de período ou ciclos completados em 1 segundo.
- VI. Fase esta é medida em unidades angulares, correspondendo  $360^\circ$  a um ciclo completo. Esta representa o avanço ou o atraso de um ciclo em relação a uma origem específica.
- VII. As ondas eletromagnéticas não necessitam de um meio para se propagar.

### Referências:

- ALMADI, U. *Imagens da física -As idéias e as experiências do Pêndulo aos Quarks. Curso completo*. Scipione, São Paulo, 1995.
- BEATRIZ, A. *Física - volume único*. Scipione, São Paulo, 2008.
- BRASIL-ESCOLA. Disponível em <<http://brasilecola.uol.com.br/fisica/a-lei-lenz.htm>>. Acessado em fevereiro de 2016.
- CLICKGRATIS. Disponível em: <<http://blog.clickgratis.com.br/FisicaTubarao/>>. Acessado em abril de 2016.
- CHIQUETTO, M. *Física: v. 3*. São Paulo: Scipione, 1996.
- EXPLICATORIUM. Disponível em: <<http://www.explicatorium.com/cfq-8/caracteristicas-das-ondas.html>>. Acessado em 10/02/2016.
- FILHO, M. P. S.; CHAIB, J. P. M. C.; CALUZI, J. J.; ASSIS, A.K. T. Demonstração didática entre correntes elétricas. *Revista Brasileira Ensino Física*, v.29, n.4, São Paulo, 2007.
- GASPAR, A. *Física - Volume único*. São Paulo: Editora Ática, 2001.
- INFO-ESCOLA. Disponível em: <<https://www.infoescola.com.br/>>. Acessado em março de 2016.
- LUMINI. Disponível em: <[http://fif.usp.br/~lumini/f\\_bativ/fl1exper.htm](http://fif.usp.br/~lumini/f_bativ/fl1exper.htm)>. Acessado em fevereiro de 2016.
- MARTINS, R. A. Oersted e a descoberta do eletromagnetismo. *Cadernos de história e filosofia da ciência* v. 10, p. 89-114, 1986.
- MUSSOI, F. L. R. Fundamentos do eletromagnetismo. *CEFET*. Versão 3.3, Florianópolis SC. 2007.
- PTTRADIO. Disponível em: <<http://www.pttradio.qsl.br/Documentos/Apostila20Ondas%20e%20Antenas.pdf>>. Acessado em março de 2016.
- PENTEADO, P. C. M.; TORRES, C. M. A. *Física Ciência e Tecnologia*. V.3. Editora Moderna. 2005.
- PORTUGUES- COMGABI. Disponível em: <<http://www.portuguescomgabi.com.br/2016/02/2-tema-de-redacao-os-impactos-da.html>>. Acessado em fevereiro de 2016.
- PORTAL-PROFESSOR. Disponível em: <<http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=281>>. Acessado em março de 2016.

**APÊNDICE E: TEXTO – VIAGEM NO TEMPO**

# VIAGEM NO TEMPO

Caro Amigo (a)!

Você, está sendo convidado a fazer uma viagem de volta no tempo, para se tornar um grande cientista. Irá entrar numa cabine do tempo e será teletransportado para o século XIX, onde se tornará um jovem cientista de grande reconhecimento na parte experimental, teórica, e filósofo da ciência. Seu nome será Heirinch Rudolf Hertz.



**Olá! Meu nome é Heirinch  
Rudolf Hertz.**

**Meu desafio, é comprovar  
a existência da radiação  
eletromagnética.**

Nossa! Como foi rápida essa viagem.

Cheguei no ano de 1880, e estou na Universidade de Berlim, cursando Física. No momento sou assistente do professor Hermann Von Helmholtz, e realizo pesquisas sobre a elasticidade dos gases e descargas elétricas através deles. Mas nessa época, não acredito eu iria comprovar alguma coisa, ainda estou muito imaturo no assunto de ondas eletromagnéticas.

Já sei! Vou entrar na minha cabine do tempo e adiantar três anos. Uouu!

Caramba! Cheguei no ano de 1883 e estou analisando os estudos da eletrodinâmica de Maxwell. Aham! Ele não conseguiu comprovar essas teorias experimentalmente, então tenho uma grande chance de deixar meu nome na história, para isso preciso adiantar três anos. Lá vamos nós!

Estou no ano de 1886, agora não sou mais assistente do professor Hermann e sim professor titular de Física da Universidade de Kiel. Penso em montar duas bobinas, a primeira bobina ligada num faiscador. Ao ligar percebo que a primeira ligada ao faiscador libera centelhas. Mas no mesmo instante a segunda bobina também libera faíscas, porém com intensidade, ruído e luminosidade menor.

Será que pode ser pela consequência dos fenômenos eletromagnéticos de circuitos oscilantes próximos, o qual Maxwell observou? Será que essa possa ser a comprovação da existência de ondas eletromagnéticas e sua propagação?

Nossa! Como é difícil e demorado obter uma resposta aqui neste século XIX, não possuo muitos recursos tecnológicos. Já sei! Vou entrar na cabine do tempo, voltar para 2016 e pesquisar na internet, assim será possível encontrar a melhor forma de realizar essa experiência e comprovar que é possível detectar uma onda eletromagnética, e também vou aproveitar para ver como anda as aplicações dos estudos de Faraday e Lenz.

Dessa forma, convido vocês jovens cientistas, para ir até o laboratório e realizar uma atividade experimental, e analisar quais as conclusões que vocês chegam.

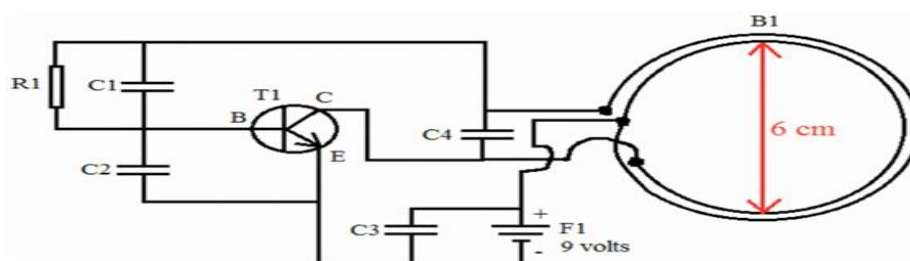
## APÊNDICE F: ROTEIRO EXPERIMENTAL I

# Primeiro desafio aos futuros cientistas

### Desafio 1: interpretar e montar o esquema elétrico abaixo

Esses são os componentes elétricos necessários para montagem do circuito, conforme mostra o esquema abaixo. Socializem as ideias sobre melhor forma de montar e realizar a atividade experimental.

- **Esquema elétrico**

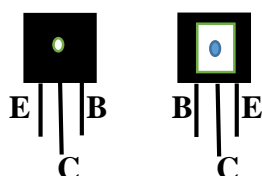


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=cQB8xkVPERo>.

- **Dispositivos elétricos para montar o circuito**

- B<sub>1</sub> - Bobina com 6 cm de diâmetro, formada por 2 espiras de fio esmaltado, com uma derivação para ligação na parte central do positivo da fonte de alimentação
- F<sub>1</sub> - Suporte para bateria de 9 volts e fonte de 9 volts
- T<sub>1</sub> - Transistor BD 139
- R<sub>1</sub> - Resistor de 22K
- C<sub>1</sub> - Capacitor de 1nF (poliéster ou cerâmico)
- C<sub>2</sub> - Capacitor de 1nF (poliéster ou cerâmico)
- C<sub>3</sub> - Capacitor de 220nF (poliéster ou cerâmico)
- C<sub>4</sub> - Capacitor de 4,7nF (poliéster ou cerâmico)

Construa também outra bobina, de 6 cm de diâmetro, deixando duas pontas. Raspe o verniz e conecte um LED nas pontas. Depois de montado o circuito aproxime a bobina que contém o LED, e descreva os fenômenos observados.



E= Emissor

B= Base

C= Coletor

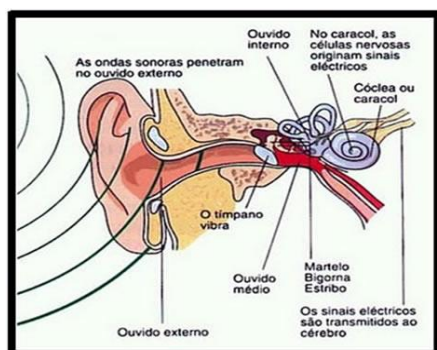




**APÊNDICE G: TEORIA SOBRE ONDAS SONORAS**

# ONDAS SONORAS

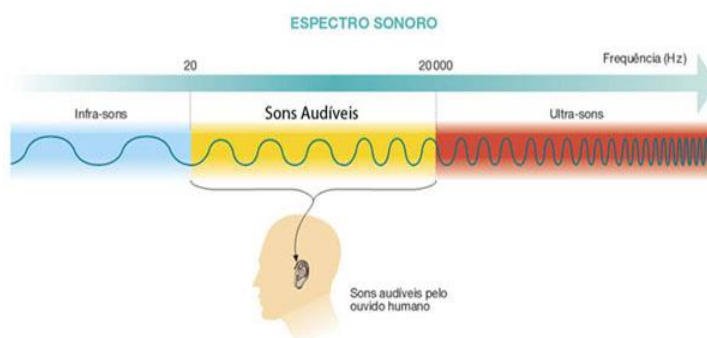
Alguns sons são agradáveis a nossa audição, como o canto de um pássaro ou uma música, outros são desagradáveis e causam desconforto, como a turbina ligada de um avião. Muitos seres vivos, possuem um órgão importante capaz de detectar as ondas sonoras, que é chamado de ouvido. Na Figura A, está ilustrado um esquema com as principais partes que compõem o ouvido humano. A parte externa do ouvido capta as frentes de ondas sonoras, e as reflete para o seu interior, até chegar a uma membrana chamada de tímpano, responsável por vibrar na mesma frequência das ondas. As vibrações mecânicas são então convertidas em sinais elétricos e esses sinais são transmitidos para o cérebro.



**Figura A:** Partes que compõem o ouvido humano. Fonte: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-ouvido-humano.htm>.

De fato, o espectro das ondas sonoras estende-se desde os infrassons (<20 Hz) até os ultrassons (>20000 Hz), como representado na Figura B, mas a audição humana normal percebe ondas sonoras com frequências de 20 Hz até 20 KHz, esses são chamados de sons audíveis. Um som só é perceptível, se a sua intensidade sonora for forte. Isso quer dizer que não escutamos uma folha cair de uma árvore porque sua intensidade sonora é fraca já o som de uma orquestra é perceptível pois sua intensidade sonora é moderada (som agradável) porém o som produzido pelo lançamento de um foguete, por possuir uma intensidade sonora muito forte é percebido como um som desagradável.

É importante lembrar que o nível sonoro pode provocar lesões auditivas permanentes. Por isso, se deve tomar cuidado com ambientes muito ruidosos ou ainda não escutar música com o volume alto dos fones de ouvido pois isso pode provocar uma perda parcial da audição, ou ainda adiantar a perda algo que acontece naturalmente a medida que vamos envelhecemos, quando perdemos a capacidade de ouvir algumas faixas de frequências (principalmente as mais altas).



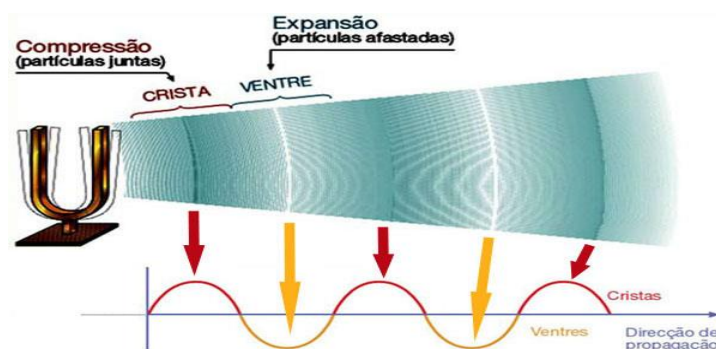
**Figura B:** Espectro sonoro. Fonte: [http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_07.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html).

As ondas sonoras podem se propagar nos diferentes tipos de materiais sólidos, líquidos e gasosos, com maior ou menor velocidade dependendo do meio. A Tabela A traz a velocidade de propagação do som para alguns meios conhecidos (SERWAY; JEWETT JR, 2016).

**Tabela A:** Velocidade do som em diferentes meios. Fonte: Serway e Jewett Jr. (2016).

Material	Velocidade de propagação do som (m/s)
Ar (10°C)	331
Ar (20°C)	343
Ar (30°C)	350
Oxigênio	317
Dióxido de carbono	250
Água	1480
Água do mar	1522
Borracha	54
Alumínio	4420
Aço	6000

Ondas sonoras são ondas mecânicas, pois necessitam de um meio material para se propagar (ar). Classificadas como ondas longitudinais, porque a propagação da vibração se dá a forma que as partículas do meio vibrem na mesma direção da propagação. A Figura C, traz um esquema simples de propagação de uma onda sonora causada por um diapasão. A medida que um som se propaga, são formadas zonas de expansão e compressão, formando assim uma onda sonora com as características de período; frequência; comprimento da onda; velocidade de propagação e amplitude.



**Figura C:** Ilustração da expansão e compressão do ar. Fonte: [http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_04.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_04.html).

### Referências:

AULAS-FÍSICA-QUÍMICA. Disponível em: <[http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_07.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_07.html)>. Acessado em abril de 2016.

AULAS-FÍSICA-QUÍMICA. Disponível em: <[http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f\\_04.html](http://www.aulas-fisica-quimica.com/8f_04.html)>. Acessado em abril de 2016.

MUNDO-EDUCAÇÃO. Disponível em: <<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-ouvido-humano.htm>>. Acessado em março de 2016.

SERWAY R. A.; JEWETT JR., J. W. Oscilações, Ondas e Termodinâmica: Princípios de Física, volume 2; tradução EZ2 Translate; revisão técnica Sergio Roberto Lopes. São Paulo: Cengage Learning, 2016



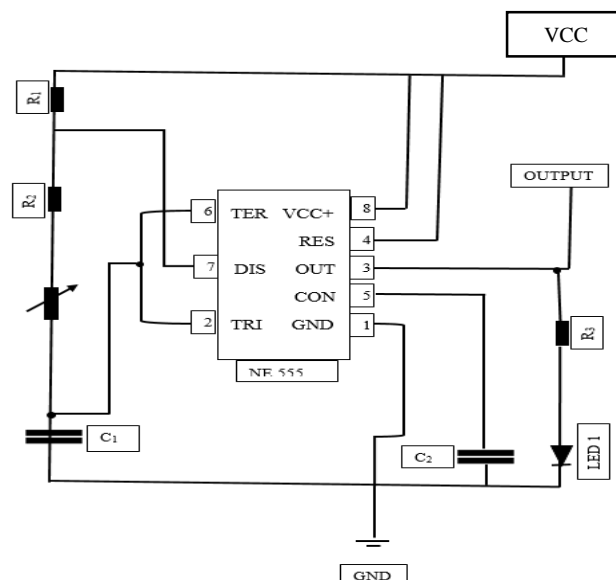
## APÊNDICE H: ROTEIRO EXPERIMENTAL II

# Segundo desafio aos futuros cientistas

### Desafio 2: interpretar e montar o esquema elétrico abaixo

Esse é o esquema elétrico, e componentes elétricos necessários para montagem do circuito. Socializem as ideias sobre melhor forma montar e realizar a atividade experimental.

- **Esquema elétrico**



R<sub>1</sub>-Resistor de 1 K $\Omega$

R<sub>2</sub>-Resistor de 5K6 $\Omega$

R<sub>3</sub>-Resistor de 1 K $\Omega$

C<sub>1</sub>- Capacitor de 1 $\mu$ F (eletrolítico)

C<sub>2</sub>- Capacitor de 10nF (poliéster ou cerâmico)

Potenciômetro de 100K $\Omega$

LED

Circuito Integrado 555

Depois de montado o circuito no *proto-board*, ligue na saída três do circuito integrado 555, uma caixa de som amplificada, e um osciloscópio. Descreva os fenômenos observados ao girar o potenciômetro. Substitua o capacitor C<sub>1</sub> = 1 $\mu$ F, por um de 10 $\mu$ F, depois de 100  $\mu$ F e 1000 $\mu$ F. Para cada capacitor explique o que acontece de diferente com a onda emitida.



---

**APÊNDICE I: FOLHA PARA RELATO**

**Elaborem um relato escrito descrevendo todas as atividades desenvolvidas, desde a apresentação da teoria de ondas, até o desenvolvimento da segunda atividade experimental. No término do relato elaborem uma conclusão.**