



UNIVERSIDADE
FEDERAL
DE PERNAMBUCO

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE FORMAÇÃO DOCENTE
FÍSICA-LICENCIATURA

BRUNO HENRIQUE FERREIRA DE MORAIS

Kit Didático Simples de Link de Comunicações Ópticas no Espaço Livre:
Abordagem para Ensino de Ondas Eletromagnéticas e Difusão de Ciência e
Tecnologia

Caruaru

2022

BRUNO HENRIQUE FERREIRA DE MORAIS

Kit Didático Simples de Link de Comunicações Ópticas no Espaço Livre:
Abordagem para Ensino de Ondas Eletromagnéticas e Difusão de Ciência e
Tecnologia

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito para a obtenção de grau de Licenciado em Física.

Área de concentração: Ensino de física.

Orientador: João Francisco Liberato de Freitas

Caruaru

2022

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Morais, Bruno Henrique Ferreira de.

Kit Didático Simples de Link de Comunicações Ópticas no Espaço Livre:
Abordagem para Ensino de Ondas Eletromagnéticas e Difusão de Ciência e
Tecnologia / Bruno Henrique Ferreira de Moraes. - Caruaru, 2022.

56 : il.

Orientador(a): João Francisco Liberato de Freitas
(Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do
Agreste, , 2022.

1. Ensino de física. 2. Prática experimental. 3. Sequência didática. 4.
Telecomunicação. 5. Ondas eletromagnéticas. I. Freitas, João Francisco Liberato
de. (Orientação). II. Título.

370 CDD (22.ed.)

BRUNO HENRIQUE FERREIRA DE MORAIS

Kit Didático Simples de Link de Comunicações Ópticas no Espaço Livre:
Abordagem para Ensino de Ondas Eletromagnéticas e Difusão de Ciência e
Tecnologia

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Física do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito para a obtenção de grau de Licenciado em Física.

Aprovada em: 11/11/2022

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. João Francisco Liberato de Freitas (Orientador)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Sérgio de Lemos Campello (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Augusto César Lima Moreira (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

AGRADECIMENTOS

Gostaria de começar agradecendo a Deus e à minha mãe que sempre foi a minha base e maior incentivadora durante grande parte da minha vida. Isso não teria acontecido sem ela e tudo isso foi, em grande parte, por ela.

Aos meus professores do ensino médio que contribuíram de maneira significativa para que pudesse entrar numa faculdade e conseguir dar prosseguimento aos meus estudos.

A todos os meus colegas de curso e à turma do “busão” que sempre estiveram presentes em todos os momentos. Além deles, aos colegas e amigos mais próximos que contribuíram de maneira significativa na minha caminhada. O caminho foi mais fácil com vocês.

Ao aluno de monitoria, grande amigo e conselheiro Júnior que me acolheu no momento mais complicado da minha vida e me fez voltar ao rumo correto, sempre me ajudando, incentivando e orientando da melhor forma possível. Sem você e sem sua mãe provavelmente eu não estaria aqui hoje.

Aos meus grandes amigos Josivânio e Roberta cujos quais não tenho palavras para conseguir descrever a importância da parceria e cumplicidade de todos os dias. Além deles, à dona Eliane que, da sua maneira, foi uma companheira em muitas horas.

À minha “namorada” Aline que sempre me incentivou e buscou despertar o melhor que havia em mim em todas as situações. Também à dona Rosa pelo seu voto de confiança e parceria de sempre.

Aos meus professores da graduação que sempre me fizeram ver a física com bons olhos e despertaram meu interesse em continuar quando o caminho mais simples parecia ser desistir.

Em especial ao meu orientador do PIBID professor Marcos que sempre se desdobrou para nos trazer o conhecimento e foi agente principal na produção desta proposta experimental. Jamais esquecerei do suporte e de todo seu esforço em toda a caminhada.

Agradeço ao meu orientador João Francisco por toda a sua paciência no decorrer da orientação e pelas vezes que me salvou em situações extremas, sempre lembrarei disso tudo com carinho.

RESUMO

É um fato que os enfoques e o entendimento sobre educação e, focando no presente trabalho, o ensino de física foi mudando com o tempo até alcançar a forma como é realizada nos dias atuais. A maneira como se ensina física é alvo de discussões entre os profissionais da área que se desdobram na busca pelo desenvolvimento de metodologias inovadoras de ensino tanto para alunos do nível fundamental quanto para o ensino médio. Essa busca constante em aprimorar o ensino tem como objetivo garantir não apenas a aprendizagem, mas, a formação integral do estudante. Nesse sentido, surgem técnicas como a utilização de experimentos práticos que trazem vivências do cotidiano para sala de aula, facilitando e ampliando as percepções do aluno sobre o tema. Assim, esse trabalho apresenta, inicialmente, um recorte sobre como a educação e o ensino de física no Brasil foram mudando seu enfoque com o tempo e mostra a utilização da prática experimental como metodologia de ensino de física. Posteriormente, é apresentada a construção de um kit didático simples (experimento) de link de comunicações ópticas utilizando um *laser* para transmitir informações de um ponto a outro. O experimento utiliza uma onda eletromagnética no espectro visível da cor vermelha para facilitar o entendimento e visualização de como é realizada a transferência de dados no espaço livre. Além disso, é mostrada uma proposta de ensino de física por meio da utilização de sequência didática em conjunto com essa prática experimental demonstrativa de caráter investigativo. Por fim, será mostrado como tal proposta de ensino pode ser aplicada para difusão de ciência e tecnologia no ambiente escolar, e os seus objetivos.

PALAVRAS-CHAVE: ensino de física; prática experimental; sequência didática; telecomunicação; ondas eletromagnéticas.

Abstract

It is a fact that the approaches and understanding about education and, focusing on the present work, the teaching of physics was changing over time until reaching the way it is performed today. The way physics is taught is the subject of discussions among professionals in the area that unfold in the search for the development of innovative teaching methodologies for both elementary and high school students. This constant search to improve teaching aims to guarantee not only learning, but the integral training of the student. In this sense, techniques such as the use of practical experiments that bring daily experiences to the classroom arise, facilitating and expanding the student's perceptions about the theme. Thus, this paper initially presents a cut out on how education and physics teaching in Brazil have changed their focus over time and shows the use of experimental practice as a methodology for teaching physics. Subsequently, the construction of a simple textbook kit (experiment) of optical communications link using a laser to transmit information from one point to another is presented. The experiment uses an electromagnetic wave in the visible spectrum of the red color to facilitate the understanding and visualization of how data is performed in free space. In addition, a proposal for physics teaching is shown through the use of didactic sequence in conjunction with this experimental practice demonstrating investigative character. Finally, it will be shown how such a teaching proposal can be applied to the dissemination of science and technology in the school environment, and its objectives.

KEYWORDS: teaching physics; experimental practice; didactic sequence; telecommunication; electromagnetic waves.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Ilustração do telégrafo óptico e seu inventor, Claude Chappe.....	13
Figura 2 - Mapa mundial de fibra óptica em 2022.....	14
Figura 3 - Campos elétrico e magnético da onda eletromagnética.....	33
Figura 4 - Esquema do experimento de Hertz.....	34
Figura 5 - Espectro eletromagnético.....	35
Figura 6 - Telecomunicação representada em diagrama de blocos.....	36
Figura 7 - Representação esquemática de uma modulação AM.....	39
Figura 8 - Foto do cabo P2.....	42
Figura 9 - Amplificador PAM8403 - GF1002 com indicativo de seus canais.....	42
Figura 10 - LASER vermelho KY – 008 e seu símbolo de representação.	43
Figura 11 - Representação simbólica do circuito emissor.....	43
Figura 12 - Circuito emissor montado na placa protoboard.....	44
Figura 13 - LDR utilizado e seu símbolo de representação.....	45

Figura 14 - Capacitor eletrolítico e seu símbolo de representação.....	45
Figura 15 - Potenciômetro e o seu símbolo de representação.....	46
Figura 16 - Circuito receptor através de símbolos.....	46
Figura 17 - Circuito receptor montado na placa protoboard.....	47

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	18
2.1	BREVE RECORTE SOBRE A EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL.....	18
2.2	EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE FORMA INVESTIGATIVA.....	23
2.3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
3	TELECOMUNICAÇÃO UTILIZANDO ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	28
3.1	ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	28
3.2	TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO UTILIZANDO ONDAS ELETROMAGNÉTICAS.....	35
3.2.1	Fonte de informação e transdutor.....	36
3.2.2	Transmissor.....	37
3.2.3	Canais de comunicação e receptor.....	39
3.2.4	Receptor, transdutor e destinatário.....	40
4	METODOLOGIA.....	41
4.1	DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO.....	41
4.1.1	Circuito emissor.....	41

4.1.2	Circuito receptor.....	44
4.2	SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	47
4.2.1	Explicação sobre a proposta e objetivos pretendidos.....	47
4.2.2	A comunicação dos homens e sua mudança ao longo dos tempos.....	48
4.2.3	Ondas eletromagnéticas: descoberta e utilização.....	49
4.2.4	Prática experimental.....	49
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	51
	REFERÊNCIAS.....	53

1 INTRODUÇÃO

O processo de comunicação representa um fator muito importante na vida em sociedade tendo em vista o aspecto comunicativo presente em qualquer relação social. O homem primitivo já sentia a necessidade de se comunicar com outros de sua espécie e de se expressar de forma a manter um diálogo em que pudesse entender e ser entendido. As primeiras formas de diálogo eram rudimentares feitas através de gestos, expressões faciais, gritos ou grunhidos que se assemelhavam-se bastante aos sons emitidos pelos animais que entre eles viviam. Ao associar um som ou gesto a um objeto ou ação nasceram os signos e a combinação de certa quantidade de signos deu origem à linguagem (BORDENAVE, 1982).

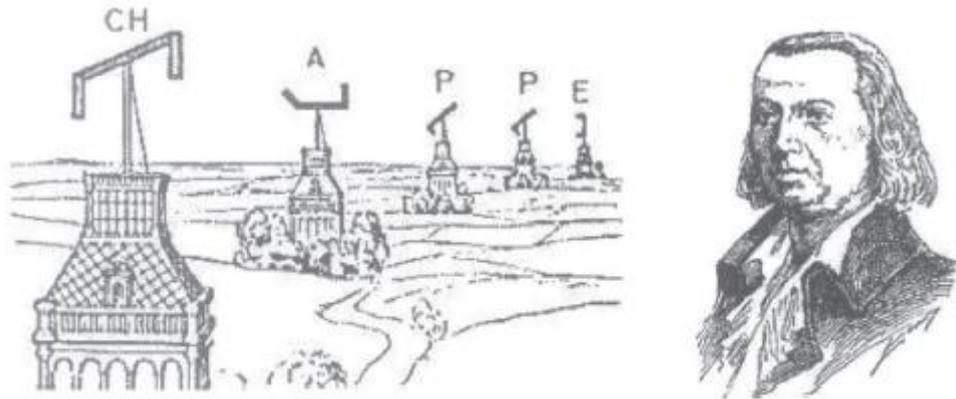
Com a evolução da organização dos homens e o crescimento da ocupação dos continentes, a comunicação à distância tornou-se uma necessidade cada vez maior, pois, havia o desejo de enviar informações entre um local e outro de forma rápida e prática, para isso foram desenvolvidos diversos sistemas. De acordo com PERLES (2007, p. 6) “os signos sonoros e visuais, como o tantã, o berrante, o gongo e os sinais de fumaça, foram os primeiros a serem utilizados pelo homem a fim de vencer a distância”. Alguns sistemas utilizavam a luz para transmitir a mensagem, comunicando através de fogueiras ou espelhos. As fogueiras eram deixadas em pontos estratégicos no local onde moravam, e quando queriam enviar alguma informação, elas eram acesas. Outros utilizavam os espelhos, os raios solares ou as luzes das tochas neles refletidos para que a informação chegasse ao local desejado. Tais ferramentas foram deixadas de lado com o passar do tempo devido a diversos problemas e um dos principais era a longa distância entre o emissor e o receptor, isso dificultava que a mensagem fosse recebida com clareza.

Contudo, foi apenas por volta do século IV antes de Cristo, que o homem encontrou uma solução mais definitiva para o problema do alcance, através da invenção da escrita. Pois, a mensagem poderia ser levada de um lugar a outro (PERLES, 2007, p. 6). Após o surgimento da escrita, a carta tornou-se um meio de comunicação bastante utilizado para enviar informações e estabelece uma comunicação interpessoal.

Outro grande marco nas invenções tecnológicas de comunicação foi o “Semaphore”, mais conhecido como telégrafo, de Claude Chappe em 1792 permitia

enviar, através de uma rede de sistema ótico informações entre Lile e Paris, distantes 230 km (MICHAELIS, apud FREITAS, 2007, p. 2).

Figura 1: Ilustração do telégrafo óptico e seu inventor, Claude Chappe



Fonte: Agrawal (2014, p. 2).

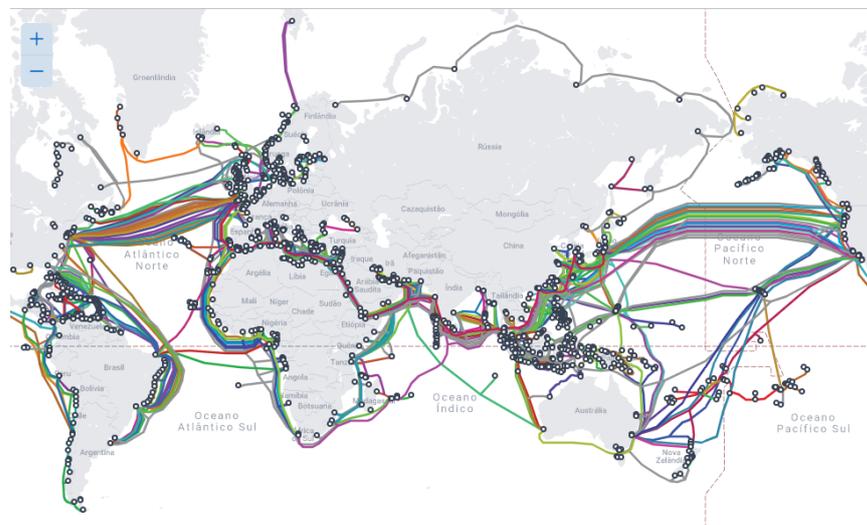
Esse sistema ficou muito mais prático e simples com a utilização do telégrafo com o código Morse, criado por Samuel Finley Morse em 1835. Outro acontecimento muito importante foi a criação do “Photophone” por Alexander Graham Bell na década de 1860 dando início aos sistemas de comunicações analógicos de transmissão de sinais (FREITAS, 2007, p. 3). Essa tecnologia tinha um alcance de aproximadamente 200 m e não funcionava sem a luz solar. Tais invenções utilizadas para comunicação humana a longas distâncias utilizavam como princípio a propagação da luz solar no ar o que gerava diversas dificuldades à medida que a distância entre receptor e emissor aumentava como, por exemplo, enviar tais mensagens à noite ou quando o tempo estava nublado.

À medida que a ciência foi avançando, foram criadas algumas ferramentas que facilitaram e sofisticaram a telecomunicação. Destaca-se a criação do LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation ou Amplificação da Luz por Emissão de Radiação Estimulada) e da fibra óptica. A luz LASER é monocromática (tem comprimento de onda bem definido), coerente (a diferença de fase entre as ondas se mantém constante durante a propagação), direcional (ondas praticamente paralelas) e pode ser focalizada em uma região muito pequena (HALLIDAY, 2016, p. 558). A fibra óptica é um filamento flexível constituído de vidro ou plástico que podem ser dopadas com diversos materiais dependendo de sua aplicação. Ela foi inicialmente proposta em 1950, porém, nas palavras de FREITAS (2007, p. 3) “estas fibras

possuíam grandes quantidades de impureza que faziam com que os vidros apresentassem uma altíssima atenuação”. Com o tempo foram desenvolvidas técnicas de medição óptica e de fibras ópticas com baixas perdas e alta qualidade para uso em telecomunicação.

A utilização da fibra óptica levou a comunicação entre os homens a outro nível, onde a informação passou a ser enviada a altas velocidades e com pequena perda de sinal. Além desses pontos, tornou-se possível haver a comunicação a distâncias intercontinentais através dos cabos submarinos que atravessam oceanos ligando os continentes (AGRAWAL, 2014, p. 7). Os lasers disparam em uma extremidade da fibra a taxas extremamente rápidas, transferindo através das finas fibras de vidro para os receptores na outra extremidade do cabo. Essas fibras de vidro são embrulhadas em camadas de plástico (e às vezes fio de aço) para proteção. Normalmente, os cabos mais novos são capazes de transportar mais dados do que os cabos instalados há 15 anos. Desde o início de 2019, existem aproximadamente 378 cabos submarinos em serviço em todo o mundo. Os milhares de quilômetros de fibra óptica presentes nos cabos submarinos representam aproximadamente 99% das conexões existentes em nosso planeta. Desse modo, a internet coberta pelos satélites tem uma atuação secundária em comparação a tais cabos. Existem cabos de tamanhos exorbitantes. Um bom exemplo disso é o SeaMeWe 3, o qual conecta 39 países e possui em torno de 39 mil quilômetros de extensão (SUBMARINE CABLE MAPS, 2019).

Figura 2: Mapa mundial de fibra óptica em 2022



Fonte: Google (2022).

A tecnologia da transmissão de sinal através da fibra óptica citada anteriormente está cada vez mais presente na sociedade onde vivemos e o seu entendimento por parte das pessoas, em específico dos alunos do Ensino Médio (EM), torna-se cada vez mais necessário. Tendo em vista que esses alunos vivem em sociedade, fazem parte dela e, por conseguinte, precisam entender o mundo que está ao seu redor, questioná-lo, criticá-lo e assim, agir sobre a sociedade onde está inserido (FREIRE, 1996). Como a física é essencial no funcionamento de muitos objetos do cotidiano, o estudo dessas tecnologias durante o ensino de física pode ser uma boa ferramenta de aprendizagem dos conteúdos. Entender o funcionamento de aparelhos tecnológicos usados no dia a dia faz com que o assunto tome forma prática, despertando o interesse e motivação dos estudantes.

Nesse sentido, existe um conceito crescente de que estamos atravessando um período de mudanças particularmente rápidas e intensas. Os estudos da física são parte essencial dessa revolução tecnológica, visto que os princípios físicos explicam uma grande quantidade de fenômenos, tanto os do cotidiano, como os que permitem a fabricação e o funcionamento de equipamentos complexos utilizados no dia a dia. Dentro desse contexto, o ensino de física na escola é primordial, pois o aluno constrói conhecimentos não só para o vestibular ou resolver exercícios, mas que permitem conhecer melhor o universo e o funcionamento das tecnologias ao seu redor.

Segundo Araújo (2003, p. 176), “o entendimento da natureza da Ciência de um modo geral e da Física em especial constitui um elemento fundamental à formação humana”, sendo assim, a abordagem de tais tecnologias no ensino de física torna-se cada vez mais necessária para a convivência do homem em sociedade. Uma boa forma de apresentar tais tecnologias além de aulas explicativas, é mostrar como elas funcionam na realidade e isso se dá através da utilização de experimentos.

A experimentação no ensino de física é uma ferramenta que influencia significativamente na aprendizagem dos conteúdos e entendimento de como as tecnologias funcionam. Como afirma Oliveira (2010, p. 141), experimentos possuem diversas vantagens e trazem diversas contribuições durante o processo de ensino aprendizagem, como “motivar e despertar a atenção dos alunos”, “para aprender conceitos científicos” e “para compreender as relações entre ciência, tecnologia e sociedade”.

Sabendo que apresentar conceitos de física aliados ao estudo de tecnologia presente no cotidiano do aluno pode favorecer sua motivação e aprendizagem, esse

trabalho propõe um kit didático (experimento) que busca explicar como funciona a telecomunicação entre dois pontos através da utilização de ondas eletromagnéticas. Assim, o estudante tem a possibilidade de construir conhecimento sobre o processo de transmissão, sobre o funcionamento do experimento e também estudar os conteúdos que fazem parte do currículo da escola onde um será utilizado como complemento para o outro a fim de construir uma visão geral sobre o todo. Dessa forma, o objetivo geral deste estudo consiste em mostrar um experimento que envia informação entre dois pontos por meio de um LASER que opera no espectro visível e utilizá-lo como ferramenta para o ensino de física e de telecomunicação. Esse experimento é uma ferramenta para aprofundamento sobre temas que fazem parte do ensino médio dos alunos como o estudo das ondas eletromagnéticas, eletrodinâmica e discussões sobre conceitos da física moderna.

Tendo em vista que os conteúdos de eletromagnetismo e física moderna estão no currículo do ensino médio, esse estudo pode servir como base para professores e pesquisadores, podendo ser aplicado como ferramenta de ensino-aprendizagem no ensino regular padrão e também nos itinerários formativos, componente principal no novo ensino médio. Além disso, a construção do experimento é simplificada e será explicada em detalhes posteriormente em um capítulo específico.

Além desta Introdução, este trabalho possui mais quatro capítulos. No segundo capítulo apresenta-se a revisão da literatura sobre como o pensamento sobre a educação foi mudando com o tempo e como a importância da utilização de experimentos no ensino de física foi ganhando importância, como é possível utilizar tal ferramenta em sala de aula e seus benefícios; bem como, alguns estudos que utilizaram experimentos e outras técnicas de aprendizagem participativa com seus respectivos resultados. No capítulo três serão apresentadas as bases do eletromagnetismo clássico e como, a partir delas, a luz foi descoberta como sendo uma onda eletromagnética e também será mostrada a base do funcionamento de qualquer comunicação à distância utilizando ondas eletromagnéticas.

Como se trata de um material didático, no quarto capítulo é apresentado o experimento proposto, sua montagem, componentes e seu funcionamento. Além disso uma proposta de utilização do experimento por meio de uma sequência didática utilizando o experimento por meio de uma demonstração investigativa a fim de contribuir para as discussões e a formação do aluno de maneira completa.. O último capítulo é destinado a apresentar a conclusão e as perspectivas futuras para a

proposta em questão, apresentando alguns aprofundamentos, estratégias diferentes, atualização do experimento e diferentes enfoques de aplicação que serão abordadas em um futuro próximo.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Como o foco principal desse trabalho é a utilização de experimentos para o ensino de física, torna-se necessário um estudo sobre a sua importância e seus benefícios. Para isso, será feito um breve histórico sobre como o ensino nas escolas era pensado, como as suas propostas e seus objetivos foram mudando com o passar do tempo e como, tais mudanças, fizeram com que o uso de experimentos se tornasse uma metodologia interessante para se atingir os objetivos propostos para a educação.

2.1 BREVE RECORTE SOBRE A EVOLUÇÃO DO ENSINO DE FÍSICA NO BRASIL

Saviani (1999), traz a definição de “que a educação pode ser entendida como o processo pelo qual são transmitidos aos indivíduos conhecimentos e atitudes necessárias para que eles tenham condições de se integrar à sociedade”. Sociedade essa que faz parte da vida do indivíduo, onde ele está inserido cotidianamente a qual ele precisa compreender, intervir e participar ativamente (BRASIL, 2006a, p. 59).

Sendo assim, torna-se cada vez mais necessário que se tenha conhecimento sobre os fenômenos e tecnologias que fazem parte do local onde vive. Esses conhecimentos podem ser bastante enriquecidos se levarmos em consideração o ensino de ciências e, mais especificamente, o ensino de física no ensino médio (FREIRE 1996; BRASIL, 2006a; MOREIRA 2000). Tendo em vista que a física possui um conjunto de conhecimentos que auxiliam o indivíduo a perceber, entender e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos presentes no cotidiano (BRASIL, 2006a, p. 59) os conteúdos devem ser bem selecionados e, como base principal, a abordagem de como transmitir o conhecimento em tais conteúdos (ensino de física) deve ser produto de vasto estudo e constante desenvolvimento.

No Brasil, os primeiros grandes registros de estudos relacionados com o ensino de física datam da década de 1960. No contexto da guerra fria e do então recente lançamento do Sputnik, os Estados Unidos publicam o PSSC (*Physical Science Study Committee*) e a Inglaterra publica os “Cursos Nuffield” (GONÇALVES, 2005). Esses documentos tiveram grande impacto ao serem traduzidos e trazidos para o Brasil e

nas palavras de Gonçalves (2005, p. 12) “trouxeram implicações positivas para a formação inicial e continuada de professores no Brasil, diga-se de passagem, contribuindo para renovar as expectativas docentes”.

Rosa e Rosa (2012, p. 1) dizem que:

O ensino de física passou a ser objeto de estudo e de preocupação e, portanto, de investigação, a partir da década de 1960, após a implementação nos Estados Unidos e, logo após, na América Latina, inclusive no Brasil, do *Physical Science Study Committee*, o PSSC. Nesse período, o entusiasmo com o desenvolvimento da ciência e da tecnologia postulou ao ensino de Ciências, em particular à Física, o lema de disciplina cujo objetivo estava na inserção dos jovens nas carreiras científicas.

Ainda segundo os autores, o PSSC foi revolucionário por conter linguagem mais acessível aos alunos, uma nova sequência didática para os conteúdos e, principalmente, os avanços relacionados aos programas de laboratório, onde, os alunos eram levados a trabalhar no desenvolvimento de experimentos e nas atividades laboratoriais. É possível ver que o ensino de física estava completamente atrelado na formação dos jovens na perspectiva de inseri-los nas carreiras científicas.

Em tal proposta, muito se falava em como se deveria ensinar física, mas pouco se falava como se daria o processo de aprendizagem do aluno, o estudo sobre o processo de ensino de física ainda era deixado de lado (MOREIRA, 2000, p. 95). Sob essa ótica, fica claro que o processo era extremamente tecnicista, fechado e pouco maleável onde os guias apenas deveriam ser seguidos. Isso deixa de lado as individualidades do professor e do aluno em sala não havendo um foco em como se daria a aprendizagem desse aluno. Tal postura do ensino continuou, mesmo que de outra forma, por um grande período de tempo.

Durante o governo dos militares (final dos anos 60), havia a unificação entre o ensino profissionalizante e o ensino acadêmico que tinha como objetivo a criação de mão de obra para o mercado de trabalho. Mesmo possuindo alvos diferentes daqueles mostrados no início da década de 1960, a proposta ainda era mecanizada buscando sempre a formação de mão de obra (ROSA e ROSA, 2002, p. 7).

Durante a década de 70, ainda buscando desenvolvimento tecnológico e do país como um todo, o ensino de ciências passou a ser visto como uma alavanca para o progresso, considerado como uma mola mestra para se chegar ao desenvolvimento de uma sociedade (GOUVEIA apud ROSA e ROSA, 2002, p. 8). Nesse período, o ensino ainda estava muito atrelado com a formação profissional dos alunos, onde toda a rigidez de anos atrás ainda era uma realidade, contudo, nesse momento começaram várias discussões sobre o ensino de física e de como ele poderia ocorrer buscando solucionar alguns problemas. Discussões sobre uso excessivo do livro didático, pouco interesse da população pela escola, currículos não adaptados, salários pouco expressivos e formação de professores começaram a ganhar espaço e serem desenvolvidas (AMORIM apud ROSA e ROSA 2002, p 9).

Na década de 80, a educação passou a ser considerada como uma ferramenta para desenvolvimento tecnológico e a tecnologia era vista como essencial para o homem e para a sociedade (ROSA e ROSA, 2002, p. 9). Deveria ser ensinada de forma a relacionar cada vez mais esse indivíduo com a sociedade onde ele está inserido. Esse pensamento fez surgir discussões sobre o desenvolvimento do ensino de ciências focando correlação entre ciência, tecnologia e sociedade que, a partir desse momento, deveriam andar e serem trabalhados como uma unidade.

No final da década de 90, houve um marco para a educação brasileira (especialmente para o ensino médio, foco desse trabalho) que foi a implementação da Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996 que correspondia à Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB). Sendo influenciada por diversas teorias educacionais que eram utilizadas na época, a LDB trouxe consigo novas perspectivas e objetivos para o ensino em geral e para o ensino da física (MOREIRA, 2000, p. 96) propondo uma grande reformulação na forma como as disciplinas eram ensinadas nas escolas.

Isso fez com que o ensino, em especial o ensino de física, fosse pensado de uma forma diferente comparada com décadas atrás onde o ponto chave passou de um ensino tecnicista com foco na produção de mão de obra para o mercado de trabalho para um ensino baseado na formação humana, no desenvolvimento do pensamento crítico do estudante e a busca em relacionar ciência/tecnologia/sociedade. Assim, se busca preparar o estudante para viver em sociedade de forma ativa, crítica e reflexiva. Esse pensamento fica bem ilustrado no

artigo 35 do próprio documento, parte referente ao ensino médio, onde são mostrados os seus objetivos (Brasil, 1996, p. 24, 25):

- I.a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;
- II.a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;
- III.o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;
- IV.a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina (p. 18).

Juntamente com a LDB e suas perspectivas para o ensino, pouco tempo depois também foram criados os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM) que tinham como proposta buscar a operacionalização da LDB no ensino médio e orientar os professores na busca de novas abordagens e metodologias para o ensino dos conteúdos.

Tais ações estavam embasadas em um novo perfil para o currículo, que considera as competências básicas que serviriam para a inserção do jovem na sociedade em que faz parte (BRASIL, 2006a). Os PCNEM tinham como proposta fazer com que o ensino tomasse uma forma diferente do que estava acontecendo na prática, como mostrado no trecho que se encontra em BRASIL (2000, p. 4):

Tínhamos um ensino descontextualizado, compartimentalizado e baseado no acúmulo de informações. Ao contrário disso, buscamos dar significado ao conhecimento escolar, mediante a contextualização; evitar a compartimentalização, mediante a interdisciplinaridade; e incentivar o raciocínio e a capacidade de aprender.

O currículo e as propostas de ação foram desenvolvidos com enfoque na preparação do ser humano para a vida em sociedade, a atividade produtiva e a

experiência subjetiva tendo como base as chamadas diretrizes gerais que são: aprender a conhecer, aprender a fazer, aprender a viver e aprender a ser (BRASIL, 2000, p. 15, 16). A ideia de basear o ensino em cima de habilidades e competências, trouxe um aspecto muito mais coerente com a realidade da sala de aula que, repleta de jovens com objetivos de vida diferentes, torna-se impossível esperar que todos tenham a mesma meta frequentando a escola (BRASIL, 2006b).

Não se pode ensinar ciências como se estivessem sendo formados cientistas, é necessário considerar a heterogeneidade dos alunos e considerá-los como jovens a serem preparados para viver em sociedade. Dessa forma, uma preparação geral baseada em conhecimentos práticos e objetivos que devam fazer parte da sua realidade é um caminho para se alcançar esse objetivo, tal fato se justifica nas palavras de Moreira (2000, p. 98), onde ele afirma que:

A grande maioria dos alunos do ensino médio não vai estudar física mais tarde. Por isso, não tem sentido ensinar-lhes física como se fossem físicos em potencial. (...) Eles serão, sobretudo, cidadãos e, como tal, a Física que lhes for ensinada deve servir para a vida, possibilitando-lhes melhor compreensão do mundo e da tecnologia.

Com o passar dos anos, o ensino baseado em habilidades e competências tornou-se cada vez mais presente nos principais documentos relacionados ao ensino como os PCNEM, PCN+, a LDB atualizada e o OCEM (Orientações Curriculares para o Ensino Médio) que são utilizados nos dias atuais e trazem consigo diversas referências a esse tópico específico. Isso deixa evidente que esse foco em habilidades e competências deve ser uma realidade nas salas de aula e negligenciá-lo vai contra as principais propostas de ensino utilizadas nos dias atuais.

Atualmente, com a proposta do novo ensino médio, muito se fala sobre a utilização dos itinerários formativos como uma forma de complementação da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) possibilitando o estudo dos eixos presentes no ensino médio (BRASIL, 1996). As possibilidades na utilização desses itinerários são vastas devido ao seu fator de flexibilização, articulação e adaptação à escola, ao aluno e à comunidade onde ele está inserido. Esses itinerários se mostram como uma proposta ainda em desenvolvimento que pode trazer possibilidades de atividades que

antes não eram possíveis apenas com o currículo padrão levando em conta a sua rigidez e as dificuldades relacionadas com o tempo do ano letivo.

Esse pequeno recorte feito nesse capítulo, mostra como a educação foi mudando o seu foco e as suas propostas com o passar dos anos, chegando na ideia de trabalhar a educação baseada em competências e habilidades. Objetivando atingir essa meta, existem várias metodologias que podem ser utilizadas para isso e, uma das principais é a utilização de experimentos para o ensino de ciências (Física). Sobre essa metodologia, as principais propostas, características, definições e limitações serão mostradas no tópico seguinte.

2.2 EXPERIMENTOS PARA ENSINO DE FORMA INVESTIGATIVA

Sabe-se que o ensino de física por muitas vezes é realizado de forma tradicional e teórica com enfoque na apresentação de conceitos, esquemas e equações fazendo com que o aluno receba as informações e utilize-as para responder exercícios ou uma avaliação. Essa metodologia deixa de lado a busca pela aproximação entre os conceitos estudados em sala e sua aplicação no cotidiano do aluno, ou seja, a contextualização. Tal método pode tornar-se desmotivante, pouco interessante e ineficiente para o aprendizado do aluno (MORAES, 2014, p. 2).

Esse distanciamento entre o ensino de física e sua aplicação no cotidiano do aluno, faz com que tal modelo não seja muito atraente para o processo de ensino aprendizagem e entra em confronto, principalmente, com os documentos dos PCN, PCN+ e OCEM que visam o ensino como uma forma de preparar o cidadão para viver em sociedade e entender a importância da ciência para a transformação dela. Usando as palavras do documento (BRASIL, 2006b, p. 50):

A formação geral que a escola deve dar aos alunos tem como meta ampliar a compreensão que eles têm do mundo em que vivem. Esse empreendimento não é linear; ao contrário, o conhecimento científico possui características bem diferentes e tem de romper com o senso comum, pois busca a generalização dos conhecimentos adquiridos para uma infinidade de outras situações.

O equilíbrio entre teoria e realidade deve ser prevalecido durante o processo de construção de conhecimento, onde o aluno deve ser apresentado à teoria em união com a realidade para que haja a construção de um significado concreto para o que está sendo estudado. Portanto, a física deve apresentar-se como um conjunto de competências específicas que permita ao aluno perceber e lidar com fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no seu cotidiano quanto em situações distantes, a partir da compreensão e generalização de conceitos, princípios, leis e modelos (BRASIL, 2000, p. 56). O primeiro passo para esse aprendizado contextualizado pode vir da escolha de estudar fenômenos, objetos e coisas do universo vivencial para que assim os alunos possam trazer o mundo abstrato da física para o mundo construído diariamente em suas experiências (OCEM, 2006b).

Dentre as diversas estratégias metodológicas que podem ser usadas para aproximar a teoria estudada na escola com a realidade do aluno, o uso de atividades experimentais é uma grande aliada, objetivando minimizar as dificuldades de se aprender física e maximizando a aprendizagem de forma significativa e consistente (ARAÚJO, 2003, p. 1). Como diz Borges (2002, p. 298):

A ciência, em sua forma final se apresenta como um sistema de natureza teórica. Contudo, é necessário que procuremos criar oportunidades para que o ensino experimental e o ensino teórico se efetuem em concordância, permitindo ao estudante integrar conhecimento prático e conhecimento teórico.

O enfoque experimental tem grande relevância e pode contribuir de diversas formas no processo de construção do conhecimento contextualizado e focado no desenvolvimento de habilidades e competências. Isso ajudará o aluno a compreender os conceitos e aplicar o seu conhecimento de maneira reflexiva em situações e problemas que podem se fazer presentes em sua vivência. Assim, espera-se que a aprendizagem construída e adquirida em sala de aula não sirva apenas para a vida escolar do aluno, mas para a sua vida como um todo (MORAES, 2014, p. 3).

As atividades experimentais possuem um grande potencial enquanto ferramenta de ensino que colabora para o desenvolvimento da aprendizagem e construção do saber dos alunos além de ter um papel motivador, onde, os alunos demonstram uma maior disponibilidade para buscar, construir, investigar e criar

estratégias para solucionar algum problema que esteja sendo discutido no ambiente escolar (ARAÚJO, 2003, p. 190-191). Uma das maneiras de se utilizar uma prática experimental (kit didático) é por meio da demonstração que tem a característica de apresentar algum conceito de forma concreta e referenciada possibilitando uma melhor visualização sobre o que está sendo estudado (ARAÚJO, 2003, p. 181).

Existe uma relação muito próxima entre a utilização de experimentos e o ensino por investigação que “prevê, dentre outros aspectos, uma participação ativa do estudante no processo de ensino e aprendizagem, o que lhes atribui maior controle sobre sua própria aprendizagem” (CLEMENT et al, apud MOURÃO e SALES, 2018, p. 430). Nas palavras de Azevedo (2012, p. 20) o ensino investigativo foca em “levar os alunos a pensar, a debater, a justificar suas ideias e aplicar seus conhecimentos em situações novas, usando os conceitos teóricos e matemáticos”.

A demonstração investigativa deve partir da apresentação de um problema ou fenômeno que deve gerar entre os alunos discussões e formulação de hipóteses. Sua utilização é uma ferramenta de grande relevância para o desenvolvimento do aluno enquanto cidadão, pois, apresenta características que são fundamentais para desenvolvimento dos conhecimentos adquiridos. Aqui, o aluno é visto enquanto pessoa que vive em sociedade e que deverá ser capaz de refletir criticamente sobre a sua vivência e buscar encontrar respostas e explicações com fundamentos científicos para fenômenos que fazem parte do seu cotidiano. Segundo a BRASIL (2006b, p. 50):

Embora a maioria dos fenômenos da natureza e dos avanços tecnológicos faça parte do dia a dia de uma parcela significativa da sociedade, sua explicação científica não ocorre com a mesma frequência. As pessoas explicam muitas coisas utilizando o que se poderia chamar de senso comum. Essas explicações são limitadas a situações específicas e superficiais. A formação geral que a escola deve dar aos seus alunos tem como meta ampliar a compreensão que eles têm do mundo em que vivem.

Utilizando como base o pensamento acima, o ensino de física utilizando uma demonstração experimental de maneira investigativa possui as características necessárias pra atingir tais objetivos, visto que, o papel da atividade investigativa é

desenvolver a habilidade de refletir, discutir e explicar de maneira científica acerca do fenômeno estudado. Essa proposta faz com que possamos avaliar se o aluno é capaz de falar, argumentar, ler e escrever sobre o conteúdo que está sendo estudado além de generalizar os conhecimentos adquiridos na escola para entendimento e resolução de problemas que apareçam em sua vida.

2.3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O ato de realizar experimentos para o ensino de Física é de fundamental importância no processo ensino-aprendizagem e tem sido enfatizado por muitos autores. Ao propor experimentos e mostrar como a física está presente em várias situações do cotidiano, o conceito deixa o mundo abstrato e passa para o real, podendo despertar o interesse e a motivação dos alunos. Nesta seção, serão mostrados de maneira resumida alguns trabalhos envolvendo ensino utilizando experimentos e os resultados encontrados ao final da pesquisa.

A pesquisa de Soares (2015) teve como objetivo avaliar a ocorrência de aprendizagem significativa no processo de construção de um experimento, os assuntos abordados foram de conceitos relacionados à reflexão em espelhos e à transformação de energia. Foram feitas coletas de dados antes e depois da finalização da construção do experimento, e na comparação entre os resultados foi possível constatar o aumento do número de respostas certas, além disso, os alunos estavam mais confiantes em suas respostas indicando que o nível de aprendizagem geral subiu. Dessa forma, a pesquisa afirma que “a construção do experimento proporcionou a troca de significados, bem como a apropriação de novos conceitos e de melhoria na qualidade, relacionada de forma substantiva e não arbitrária com seus conhecimentos prévios” (SOARES, 2015).

Silva *et al.* (2003) realizaram um trabalho que tinha como objetivo propor um experimento caseiro para a determinação da velocidade do som no ar. O artigo alia uma das formas clássicas de determinação da velocidade do som no ar, que é a detecção de ressonâncias em um tubo (um balde de água no qual é introduzido um cano de PVC), com um programa de computador que dispensa a utilização de um conjunto de diapasões. Dessa forma, o comprimento da coluna de ar pode ser variado de forma simples, o que possibilita detectar facilmente pontos de ressonância. Ao se

calcular a velocidade do som no ar utilizando o experimento, o resultado obtido contém um erro de 0,3%, valor bastante satisfatório. Além disso, o experimento foi realizado por vários alunos, em suas próprias casas o que mostra uma forma simples e prática de ensino.

O trabalho de Macedo (2016) foi dedicado a avaliar as contribuições da utilização de experimentos de baixo custo no estudo da lei de Faraday e da lei de Lenz. Tal proposta foi adotada levando em consideração a dificuldade na observação desses fenômenos apesar de estarem presentes em diversas situações do cotidiano do aluno. Foram implementadas sete atividades divididas em duas partes abordando os conteúdos citados e, após as suas aplicações, foi possível notar que: a relação entre a prática experimental e o contexto histórico traz consigo a ideia da ciência como uma prática humana em constante evolução; a utilização de experimentos de baixo custo utilizando componentes que fazem parte da realidade do aluno podem agregar positivamente na dinâmica; e que o professor deve aparecer como um facilitador do conhecimento, trazendo orientações para a discussão e promovendo um diálogo interativo, objetivo e sem divergir do objetivo principal.

Paiva, Silva e Farias (2018) trazem em sua pesquisa um estudo sobre a utilização de atividades experimentais e modelos práticos de forma demonstrativa em turmas do fundamental I e II explorando fatores como situações problemas e conhecimento alternativo do aluno. Ao final do bimestre, foi realizada uma feira de conhecimentos integrando a comunidade escolar com a comunidade civil ao redor da escola e apresentada pelos alunos. Toda a estratégia foi pautada levando em consideração a construção do conhecimento através da informação por meio da materialização dos conceitos estudados. Ao final, os professores conseguiram perceber que os alunos dedicaram maior atenção, demonstraram elevada participação durante a aula, aumento do interesse e entusiasmo na realização das pesquisas e execução das atividades. Assim, ficou evidente que a utilização dessa metodologia com os objetivos determinados de maneira inteligente, é possível se obter resultados significativos.

Além destes, existe uma vasta bibliografia que defende e demonstra a eficiência da utilização das práticas experimentais em turmas do ensino médio. Seja de uma maneira isolada ou mesmo em conjunto com outras metodologias, como as sequências didáticas.

3 TELECOMUNICAÇÃO UTILIZANDO ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Cotidianamente estamos imersos em um banho de ondas eletromagnéticas sejam elas advindas da luz das lâmpadas, da televisão, ligações de telefones, internet, etc.. Constantemente somos bombardeados por essas ondas que, na sua grande maioria, são invisíveis aos nossos olhos, mas que estão presentes e são partes fundamentais do nosso cotidiano. A descoberta das ondas eletromagnéticas foi um marco para a humanidade e proporcionaram uma revolução em todas as instâncias da vida humana no decorrer dos anos principalmente nos processos de comunicação à distância fazendo os seres humanos se comunicarem da forma como conhecemos hoje.

Conhecer a origem dessas ondas, suas características e como podem ser utilizadas é de grande importância para o entendimento do mundo onde vivemos e da forma como funciona a telecomunicação no mundo moderno. Nesse tópico serão trabalhados conceitos primordiais relacionados com as ondas eletromagnéticas; o funcionamento básico de uma telecomunicação utilizando essas ondas e a utilização do LASER como uma tecnologia extremamente útil no processo de telecomunicação.

3.1 ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

No século XVI, os estudos sobre eletromagnetismo estavam em constante evolução e desenvolvimento e um dos principais estudiosos dessa área de conhecimento era James Clerk Maxwell que trouxe grandes contribuições teóricas para o eletromagnetismo tomando como base algumas leis já criadas. “Maxwell em sua obra Tratado Sobre Eletricidade e magnetismo, publicado em 1873, generalizou os princípios descobertos por Coulomb, Ampère, Faraday e outros” (CAVALCANTE, 2018). Com o passar dos anos e refinamento das ferramentas matemáticas, o trabalho de Maxwell foi reduzido a quatro equações, as chamadas Equações de Maxwell.

Essas quatro equações juntas à lei de força de Lorentz, são capazes de descrever todos os fenômenos do eletromagnetismo clássico. Além disso, foram a base para o desenvolvimento de diversas tecnologias que ainda são utilizadas em larga escala nos dias atuais (GRIFFITHS, 2010). Baseando-se nas diversas literaturas

que discutem sobre eletromagnetismo, as quatro equações de Maxwell no vácuo podem ser apresentadas resumidamente da seguinte maneira:

I. Lei de Gauss

Para entendimento da proposta por trás da lei de Gauss, primeiro é necessário saber como funcionam campos elétricos e como eles se comportam. Campos elétricos são grandezas vetoriais, radiais e divergentes que podem ser considerados como uma região do espaço alterada devido à presença de uma carga elétrica onde essa carga elétrica é o ente gerador desse campo (HEWITT, 2002, p. 380, 381).

Cargas elétricas podem ser divididas em cargas positivas e negativas, ambas geram campos elétricos. As linhas de campo elétrico geralmente são representadas por setas radiais e divergentes. Para cargas positivas temos setas “saindo” na carga enquanto para cargas negativas, temos setas “entrando” na carga. Uma forma de estudar essas linhas de campo é considerar o conceito de fluxo elétrico.

A lei de Gauss trabalha com o fluxo elétrico através de uma superfície fechada. Sua essência baseia-se na consideração de que o fluxo elétrico através de uma superfície fechada é uma medida que depende apenas das cargas internas à superfície (ou densidade de carga) e do campo gerado por essas cargas (GRIFFITHS, 2010, p. 48).

Cargas externas à superfície não contribuem para o fluxo elétrico e devem ser desconsideradas nos cálculos. Matematicamente, podemos expressar a equação de Gauss da seguinte maneira:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (3.1.1)$$

em que, $\vec{\nabla} \cdot \vec{E}$ representa o divergente do vetor campo elétrico criado pelas cargas internas, ρ é a densidade de carga elétrica interna da superfície e ϵ_0 é a constante permissividade elétrica no vácuo.

II. Lei de Gauss para os campos magnéticos

A segunda das quatro equações de Maxwell trabalha com campos magnéticos (B). Campos magnéticos, de modo geral, são considerados como a região que

circunda um ímã ou, matematicamente falando, campos magnéticos são considerados uma grandeza vetorial e rotacional que podem ser encontradas de forma espontânea na natureza (HEWITT, 2002, p. 409).

Os campos magnéticos podem ser representados por linhas de campo da mesma forma que campos elétricos. Para o campo magnético, as linhas de campo saem do polo positivo e entram no polo negativo de forma rotacional. Assim, é possível escrever a segunda equação de Maxwell como sendo:

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{B} = 0 \quad (3.1.2)$$

onde, $\vec{\nabla} \cdot \vec{B}$ representa o divergente do campo elétrico. Como o campo magnético se trata de uma grandeza rotacional, matematicamente é esperado que ele não possuísse um divergente.

III. Lei de indução de Faraday

No começo do século XIX, a única forma de gerar corrente elétrica era através da utilização de células voltaicas que produziam pequenas correntes elétricas através da dissolução de metais (HEWITT, 2002, p. 424). Em 1831, Faraday apresentou alguns experimentos em que era possível gerar corrente elétrica de uma forma diferente, utilizando ímãs e bobinas.

Ele descobriu que pode ser gerada uma corrente elétrica em uma bobina de fio apenas fazendo com que haja um movimento relativo entre os dois, ou seja, se tivermos um ímã se movendo e uma bobina estacionária ou uma bobina se movendo e um ímã estacionário, será gerada uma força eletromotriz induzida e, conseqüentemente, uma corrente elétrica induzida (HEWITT, 2002, p. 424).

Essa descoberta levou à constatação de que existe uma relação direta entre fenômenos elétricos e fenômenos magnéticos mostrando que um campo magnético variável induz um campo elétrico (GRIFFITHS, 2010, p. 209). Matematicamente, a lei de Faraday pode ser escrita da seguinte forma:

$$\vec{\nabla} \times \vec{E} = \frac{-\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (3.1.3)$$

onde, $\vec{\nabla} \times \vec{E}$ representa o rotacional do campo elétrico e $\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$ representa a taxa de variação infinitesimal do vetor campo magnético em relação ao tempo.

Essa relação entre campos elétricos e campos magnéticos levou o processo de geração de energia elétrica a um nível muito diferente do que era conhecido antes, pois, devido ao processo de indução eletromagnética, a geração de altos valores de tensão ficou mais fácil (HEWITT, 2002, p. 427).

IV. Lei de Ampère com a correção de Maxwell

Ampère propôs uma equação em que era possível calcular o campo magnético total associado a uma distribuição de corrente elétrica. Para facilitar esse tipo de cálculo, ele fez uso das chamadas curvas amperianas que representavam um caminho fechado e o campo magnético resultante dependia apenas das cargas internas a essa superfície (HALLIDAY, 2016, p. 521).

Matematicamente, a lei de Ampère pode ser representada da seguinte maneira:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0 \vec{j} \quad (3.1.4)$$

onde $\vec{\nabla} \times \vec{B}$ representa o rotacional do campo magnético, μ_0 é a permeabilidade magnética no vácuo \vec{j} representa a densidade de corrente elétrica interna à superfície amperiana.

Contudo, a equação de Ampère passou por uma alteração que deu mais sentido para a equação e fez com que resultados aparecessem como solução do paradoxo do carregamento do capacitor (amplamente discutido no livro GRIFFITHS, 2010, p. 225). Maxwell propôs a existência de um termo extra na equação de Ampère, a corrente de deslocamento \vec{J}_d , dada por:

$$\vec{J}_d = \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3.1.5)$$

Essa corrente de deslocamento é um nome enganoso já que não há movimentos de cargas para a geração dessa corrente, porém, ela pode ser entendida

como uma corrente imaginária gerada devido à variação temporal do fluxo elétrico. A nova equação de Ampère ficou da seguinte maneira:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0(\vec{J} + \vec{J}_d) \quad (3.1.6)$$

Agora, a densidade de corrente elétrica total é dada pela soma da densidade de corrente elétrica de cargas livres com a densidade de corrente elétrica de deslocamento. Substituindo a equação para a densidade de corrente elétrica de deslocamento, temos a equação de Ampère com a correção de Maxwell:

$$\vec{\nabla} \times \vec{B} = \mu_0\vec{J} + \varepsilon_0\mu_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (3.1.7)$$

O termo da corrente de deslocamento também trouxe consigo uma simetria muito importante: campos elétricos variantes no tempo geram campos magnéticos. Mostrando uma relação onde campos elétricos e campos magnéticos podem ser gerados um pela variação do outro.

As equações de Maxwell constituem um conjunto de quatro equações diferenciais acopladas de primeira ordem, dependentes de \vec{E} e \vec{B} . Utilizando métodos matemáticos, é possível desacoplar essas equações encontrando um resultado dependente do campo elétrico e um resultado dependente do campo magnético, como mostrado nas equações a seguir (GRIFFITHS, 2010, p. 261):

$$\nabla^2 \vec{E} = \varepsilon_0\mu_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (3.1.8)$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu_0\varepsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (3.1.9)$$

Comparando essas Equações (3.1.8) e (3.1.9) com a função de onda tridimensional para uma onda se propagando com velocidade v Equação (3.1.10) (GRIFFITHS, 2010, p. 261):

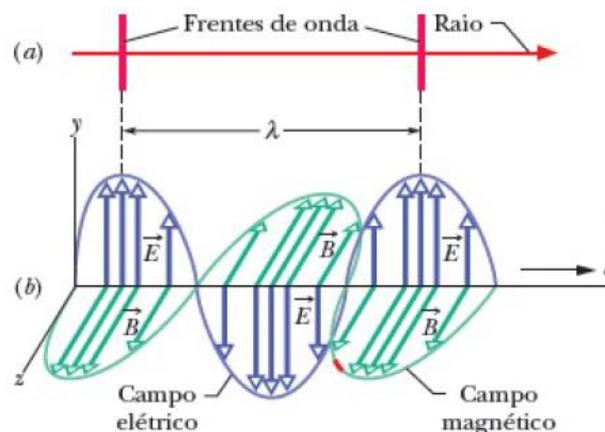
$$\nabla^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad (3.1.10)$$

é possível ver que os resultados encontrados por Maxwell satisfazem uma equação de onda tridimensional que se propaga com uma velocidade dada por (GRIFFITHS, 2010, p. 262):

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \cong 3 \cdot 10^8 \text{ m/s} \quad (3.1.11)$$

Através desse resultado matemático, Maxwell encontrou uma onda que pode se propaga no vácuo e com uma velocidade igual à da luz. Essa onda deve ser composta por um campo elétrico e um campo magnético perpendiculares e oscilantes no tempo onde eles “criam continuamente um ao outro por meio da indução, e as variações senoidais dos campos se propagam como uma onda: a onda eletromagnética” (HALLIDAY, 2016, p. 35).

Figura 3: Campos elétrico e magnético da onda eletromagnética



Fonte: Halliday (2016, p. 36).

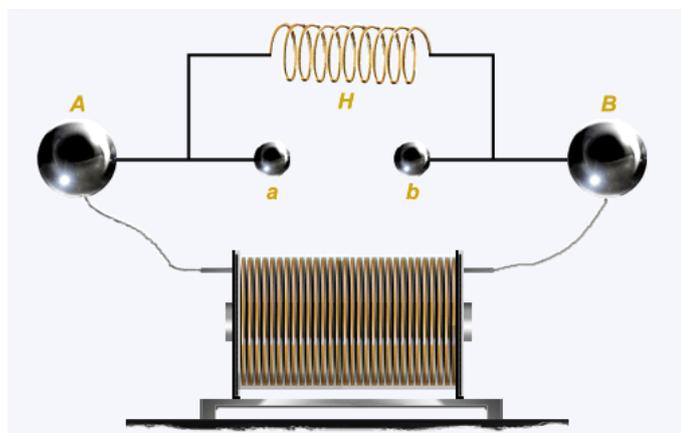
Mesmo sendo previstas matematicamente as ondas eletromagnéticas só foram comprovadas cientificamente devido aos trabalhos de Heinrich Rudolf Hertz (1857-1894) que construiu o primeiro oscilador em 1879.

O experimento de Hertz consistia em (SALMERON, 2003):

duas esferas metálicas A e B, colocadas a certa distância, de maneira que funcionavam como armaduras de um condensador. A elas eram presos dois fios metálicos que tinham nas outras extremidades as pequenas esferas a e b, mantidas próximas. Em paralelo com as

esferas era ligada uma bobina H. As esferas A e B eram ligadas a uma bobina de Rumkhorff... Salta então uma faísca entre a e b, e se fecha o circuito oscilante constituído pelas esferas A e B, e a bobina H. A corrente que passa nesse circuito emite as ondas eletromagnéticas. Depois, a diferença de potencial fornecida pela bobina de Rumkhorff vai diminuindo; a faísca entre a e b se extingue, e o circuito oscilante se abre. Novamente, a bobina de Rumkhorff começa a aumentar a diferença de potencial, e o fenômeno se repete.

Figura 4: Esquema do experimento de Hertz

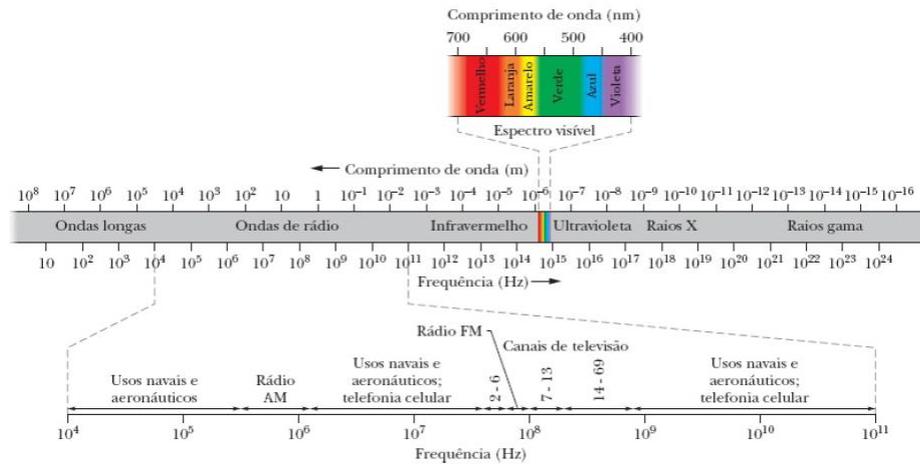


Fonte: Salmeron (2003).

Tal pesquisa conseguiu comprovar experimentalmente a existência das ondas eletromagnéticas e sua relação com o eletromagnetismo. Posteriormente, Hertz continuou os seus trabalhos e em 1888 conseguiu desenvolver um aparelho emissor de ondas e outro receptor e após uma série de experimentos conseguiu provar a existência das ondas de rádio (SANTOS et al., 2019, p.205).

Essas ondas podem ser classificadas de acordo com a sua frequência e seu comprimento de ondas e à totalidade dessa diferenciação damos o nome de espectro eletromagnético.

Figura 5: Espectro eletromagnético



Fonte: Halliday (2016, p. 36).

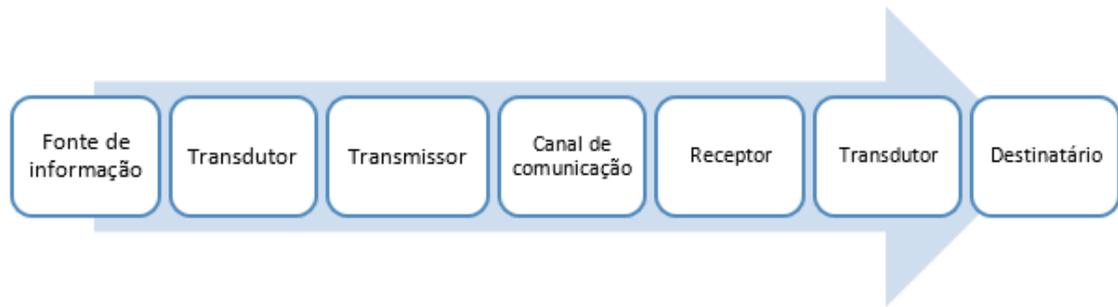
Nesse espectro são apresentados os tipos de ondas eletromagnéticas que, cada uma em sua especificidade, possui uma aplicação direta para o homem. Entre elas, as ondas de rádio, as micro-ondas e as ondas do espectro visível, são utilizadas em larga escala para as comunicações a longas distâncias e o funcionamento básico desse tipo de comunicação é mostrado no tópico a seguir.

3.2 TRANSMISSÃO DE INFORMAÇÃO UTILIZANDO ONDAS ELETROMAGNÉTICAS

Um sistema de telecomunicação pode ser entendido como um conjunto de equipamentos com o objetivo de estabelecer enlaces de telecomunicações entre dois ou mais pontos (PEREIRA, CARPANAZI, 2014, p. 22) e, em muitos casos, a informação é enviada através de uma onda eletromagnética.

Segundo Medeiros (2007, p. 21), um sistema básico de telecomunicações deve conter alguns elementos indispensáveis como mostrados na Figura 6:

Figura 6: Telecomunicação representada em diagrama de blocos



Fonte: O autor (2022).

Cada ponto desse sistema possui uma função específica e é de grande importância para que o processo de envio e recebimento de informação ocorra. Para exemplificar cada uma delas, usaremos como base a proposta experimental deste trabalho que consiste em um circuito emissor e um circuito receptor que se comunicam por meio de uma onda eletromagnética dentro do espectro visível se propagando no espaço livre.

No kit didático proposto nesse trabalho o emissor será responsável por trabalhar a fonte de informação que pode ser um vídeo ou música de um telefone que chegará até o circuito como uma corrente elétrica analógica utilizando-se um cabo do tipo P2. Esse sinal será modulado e enviado para o receptor, através do espaço livre, usando um LASER. O circuito receptor possui a função de captar o sinal advindo do emissor, transformar o sinal luminoso em sinal elétrico analógico e enviá-lo até o destinatário, um aparelho por onde sairá o som que foi enviado pela fonte de informação.

3.2.1 Fonte de informação e transdutor

A fonte de informação consiste do ponto de onde a informação está vindo em um primeiro momento, ou seja, o local onde a mensagem está sendo gerada. Nas palavras de Agrawal (2014, p.10) “Em qualquer sistema de comunicação, a informação a ser transmitida, em geral, está disponível como um sinal elétrico, que pode assumir a forma analógica ou digital”. No experimento, um telefone é utilizado como fonte de informação e também é utilizado como o primeiro transdutor do processo.

O transdutor é um dispositivo capaz de transformar uma forma de energia ou sinal em outra. A função do telefone como transdutor é de transformar o sinal digital (arquivo de áudio ou vídeo) em um sinal analógico (corrente elétrica). Esse sinal analógico pode ser chamado de mensagem ou sinal modulante e será enviado por meio de um cabo P2 até o circuito emissor. Aqui, o cabo irá se comportar como um guia para o sinal. Após isso, entra em ação o circuito transmissor que trabalha com esse sinal de informação conforme descrito na próxima seção.

3.2.2 Transmissor

O sinal modulante é a onda que possui os dados provenientes da fonte de informação e normalmente é caracterizada como uma onda de baixa amplitude e de difícil propagação (MEDEIROS, 2007, p. 22), assim, ao invés de propagar esse sinal de um ponto a outro, é utilizada uma onda eletromagnética contendo a informação da modulante.

Para que essa informação advinda da onda modulante seja enviada através da luz (onda eletromagnética emitida pelo LASER), chamada de portadora, é necessário que ela seja modificada, ou seja, ela precisa passar por um processo de codificação ou modulação.

Na modulação, segundo MOECKE (2004, p. 1):

... ocorre um deslocamento de sinal de informação no espectro de frequência elevando a frequência de sinal resultante para viabilizar a transmissão desse sinal através de ondas eletromagnéticas. Esta elevação da frequência do sinal é necessária para que se consiga utilizar antenas de tamanho razoável. O tamanho da antena depende da frequência do sinal, sendo da ordem de grandeza do comprimento de onda (λ) do sinal a ser transmitido.

Matematicamente, podemos considerar a onda modulante e a onda portadora como sendo duas ondas senoidais dependentes do tempo como mostrado, respectivamente abaixo:

$$e_m(t) = E_m \cos(2\pi f_m t) \quad (3.2.1)$$

$$e_0(t) = E_0 \cos(2\pi f_0 t) \quad (3.2.2)$$

onde, E representa a amplitude da onda, f está associada com a frequência. Assim, é possível alterar a forma da onda portadora utilizando três princípios, a amplitude, a frequência e a fase podendo assim ser realizado o processo de modulação de amplitude (AM), modulação de frequência (FM) e modulação de fase (PM) (AGRAWAL, 2014, p. 17).

A modulação de amplitude (AM) consiste em modificar a amplitude da onda portadora (luz do LASER) fazendo com que a amplitude desse sinal varie conforme o sinal da informação, onda modulante. Para que esse processo ocorra, é necessário que a frequência da onda portadora (f_0) seja muito maior que a frequência da onda modulante (f_m) (MOECKE, 2014, p. 4). Como se tratam de sinais elétricos advindos de uma fonte sonora para serem propagados através de uma onda eletromagnética, essa condição é satisfeita.

Alterando a amplitude da onda portadora através da onda modulante, sua equação pode ser expressa da seguinte forma (MOECKE, 2004, p. 4):

$$e(t) = (E_0 + E_m \cos(2\pi f_m t)) \cos(2\pi f_0 t) \quad (3.2.3)$$

arrumando os termos:

$$e(t) = E_0 \cos(2\pi f_0 t) + E_m \cos(2\pi f_m t) \cos(2\pi f_0 t) \quad (3.2.4)$$

Aplicando semelhança trigonométrica:

$$\cos A \cos B = \frac{1}{2} \cos(A + B) + \frac{1}{2} \cos(A - B)$$

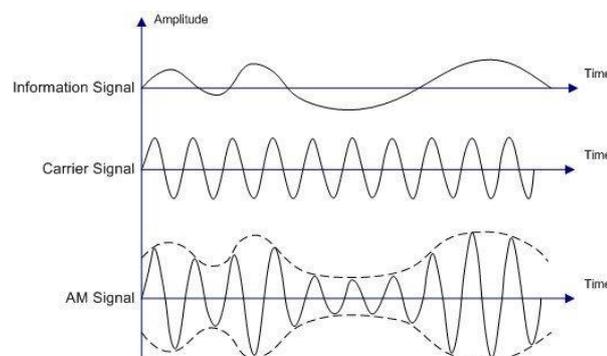
na Equação (3.2.4) fica com a seguinte forma:

$$e(t) = E_0 \cos(2\pi f_0 t) + \frac{1}{2} E_m \cos((f_0 + f_m) 2\pi t) + \frac{1}{2} E_m \cos((f_0 - f_m) 2\pi t) \quad (3.2.5)$$

A Equação (3.2.5) representa a equação da onda modulada, ou seja, a onda portadora se propagando com a informação da onda modulante, é o produto final da modulação AM. O primeiro termo da expressão (3.2.5) corresponde à onda portadora pura e os outros dois termos são chamados de bandas laterais superior e inferior, BLS e BLI, respectivamente (MEDEIROS, 2007, p. 124) que são usadas para alterar a forma da onda portadora de acordo com a onda modulante.

A Figura 7 apresenta a onda modulante, a onda portadora e a onda modulada em função do tempo, respectivamente:

Figura 7: Representação esquemática de uma modulação AM



Fonte: Alves (2015)

Nesse caso, a informação proveniente da onda modulante é propagada pela onda eletromagnética de alta frequência (luz do LASER). Para isso, é formada uma onda com a amplitude modulada pela onda modulante e com a mesma frequência que a portadora.

3.2.3 Canais de comunicação e receptor

“O canal de comunicação é o meio físico entre o transmissor e o receptor, por onde transitam os sinais elétricos da informação” (MEDEIROS, 2007, p. 23). No experimento utilizado, o canal de comunicação será o espaço livre e, para conectar dois pontos através do espaço livre, a onda portadora será transmitida através de uma onda eletromagnética que será a luz produzida por um LASER.

As ondas eletromagnéticas apareceram como uma boa ferramenta para se alcançar grandes distâncias de comunicação podendo transmitir o sinal com a menor

potência possível, a menor distorção possível e transmitir em uma faixa de frequência limitada além de possuir uma maior facilidade de recuperação de sinal na recepção a um menor custo (MOECKE, 2004, p. 24).

3.2.4 Receptor, transdutor e destinatário

O receptor é a parte do circuito responsável por receber a onda modulada e direcioná-la para o transdutor de recepção que possui uma função a transformação de sinais luminosos, advindos do LASER, em valores de resistência elétrica (MEDEIROS, 2007, p. 23). Aqui, é utilizada uma resistência elétrica sensível à luz (LDR) que terá duas funções. A primeira é atuar como receptor da luz que vem do LASER e a segunda função é como transdutor transformando o sinal luminoso que vem do LASER em um sinal elétrico que será enviado aos demais componentes do circuito receptor.

O destinatário é o ponto final da comunicação onde a informação advinda da onda modulante chega até o local de interesse na forma desejada. Neste experimento, o destinatário será a caixa sonora que produzirá o som que foi enviado pela onda modulante através da luz do LASER, sendo assim, ao receber o sinal sonoro do outro lado, é correto afirmar que a comunicação ocorreu.

Baseado neste pequeno detalhamento sobre como funciona um processo de comunicação a distância utilizando uma onda eletromagnética, abaixo serão mostrados os componentes do circuito utilizado, suas funções e alguns detalhes da sua montagem.

4 METODOLOGIA

Neste trabalho, o público alvo serão quaisquer alunos do ensino médio. A sua utilização pode ocorrer dentro dos itinerários formativos que possuam uma temática compatível com a proposta ou mesmo em turmas do terceiro ano do ensino médio trazendo um certo enfoque para os conteúdos de eletromagnetismo e física moderna.

Na seção 4.1 deste capítulo é feita uma explanação sobre o experimento montado neste trabalho trazendo seus componentes, sua montagem, a importância de cada peça e o seu funcionamento como um todo. Já a seção 4.2 é dedicada a mostrar uma sequência didática com o intuito de trabalhar a telecomunicação utilizando ondas eletromagnéticas através do experimento proposto de maneira investigativa, como suporte pedagógico para mostrar a relação entre teoria e prática e servir como fonte de discussão para os alunos.

4.1 DETALHAMENTO DO EXPERIMENTO

O experimento utilizado neste trabalho é composto por dois circuitos que são utilizados em conjunto com o objetivo de enviar informações entre dois pontos por meio da luz de um LASER. Os dois circuitos e os componentes utilizados serão descritos nas seções a seguir.

4.1.1 Circuito emissor

Ao colocarmos uma música para tocar em um telefone, por exemplo, podemos ouvi-la através dos fones do telefone ou mesmo podemos utilizar um cabo que leva a informação do telefone até os fones, como é o caso dos fones de ouvido. No experimento aqui proposto, a fonte de informação será o sinal de áudio que sai do telefone (ou qualquer outro aparelho que emita som) que deve ser captado e encaminhado utilizando um cabo do tipo P2, semelhante ao mostrado na Figura 8.

Figura 8: Foto do cabo P2

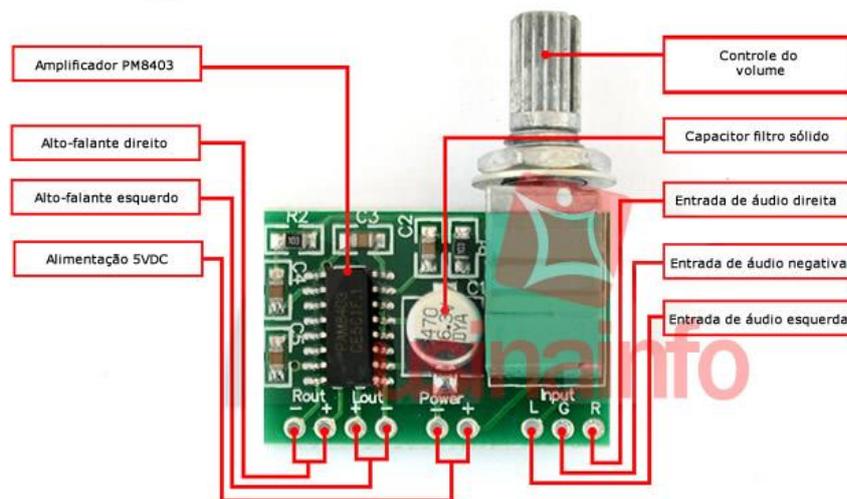


Fonte: O autor (2022)

Esse sinal analógico obtido dos transdutores, na maioria das vezes, é de pequena amplitude e necessita de amplificação eletrônica para produzir o efeito final desejado (MEDEIROS, 2007, P. 56).

Sabendo disso, o sinal proveniente do cabo P2 foi enviado para um amplificador. Foi utilizado o amplificador “PAM8403 - GF1002” que funciona em 5 volts e possui uma potência de saída de 3 W. A Figura 9 mostra a sua imagem e o seu diagrama de conexões.

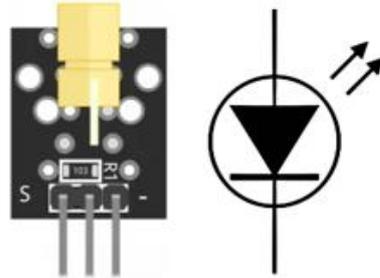
Figura 9: Amplificador PAM8403 - GF1002 com indicativo de seus canais



Fonte: Usinainfo (2017)

Após amplificar o sinal modulante da fonte de informação, esse sinal será enviado até um LASER como mostrado na Figura 10.

Figura 10: LASER vermelho KY – 008 e seu símbolo de representação

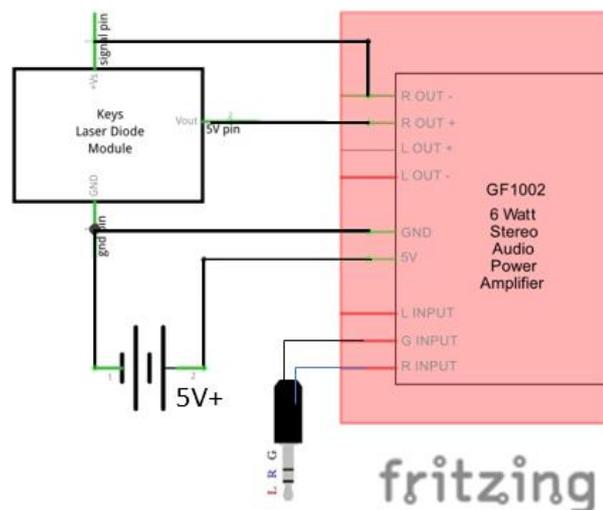


Fonte: ArduinoModules (2021).

Foi utilizado um laser do tipo KY-008 que funciona com uma voltagem de 5 volts e possui três pinos. Os pinos laterais são utilizados para alimentação e terra enquanto o pino do meio é o local onde a onda modulante chega até o LASER. Nessa etapa, o LASER irá captar o sinal da onda modulante e enviá-lo através da onda portadora até o circuito receptor. É importante salientar que o LASER opera na frequência do espectro visível na cor vermelha.

Na Figura 11 é mostrado um esquema simbólico com todos os componentes e as conexões do circuito emissor.

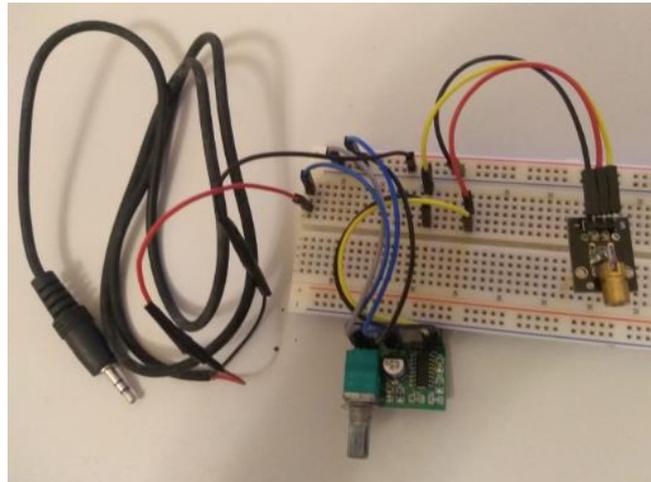
Figura 11: Representação simbólica do circuito emissor



Fonte: O autor.

Na Figura 12 é mostrado como ficou a organização dos componentes conectados em uma placa protoboard na prática. Tal ilustração pode servir como um guia para que seja possível fazer uma reprodução de maneira mais simplificada.

Figura 12: Circuito emissor montado na placa protoboard.



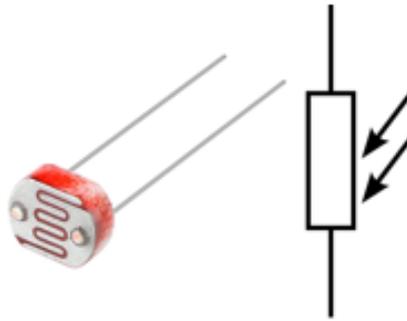
Fonte: O autor.

O circuito como um todo é alimentado por uma fonte de tensão contínua de 5 Volts e o canal de comunicação entre o circuito emissor e o circuito receptor será o espaço livre. Não foi colocada a fonte de informação na figura do circuito, mas, como citado anteriormente, pode ser utilizado algum telefone ou até mesmo um rádio.

4.1.2 Circuito receptor

No circuito receptor, a onda portadora será captada por um fotodetector que vai converter a luz em eletricidade por meio do efeito fotoelétrico (AGRAWAL, 2014, p. 155). Como fotodetector utilizado foi um LDR (Figura 13) que, como falado anteriormente vai fazer um processo inverso da modulação, a demodulação.

Figura 13: LDR utilizado e seu símbolo de representação



Fonte: O autor.

Nesta etapa, a onda portadora será demodulada a fim de enviar apenas a informação, onda modulante, para o destinatário. No caminho entre o receptor e o destinatário, serão associados dois componentes: um capacitor e um potenciômetro.

O capacitor será de $10\mu F$ e $5,0V$ (Figura 14) e vai servir como um filtro absorvendo ou amortecendo os valores de tensão que excedem os parâmetros estabelecido.

Figura 14: Capacitor eletrolítico e seu símbolo de representação



Fonte: O autor.

O potenciômetro utilizado possui 3 pinos e $5000ohms$ de resistência (Figura 15) e tem como característica a alteração de sua resistência com a utilização de uma chave que, dentro do experimento proposto, vai servir para controlar o volume do caixa de som por onde o sinal da modulante vai sair.

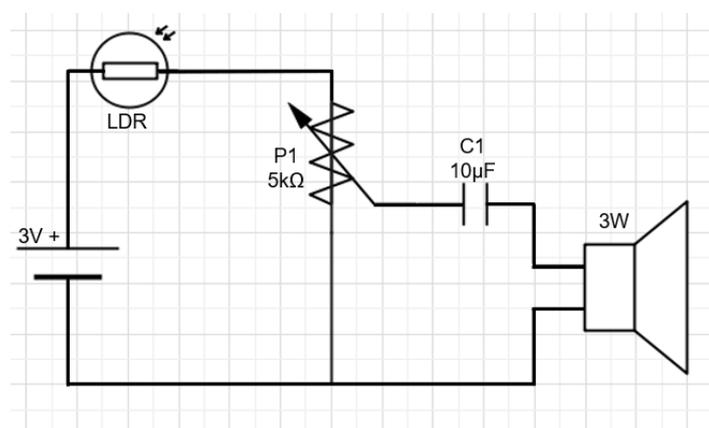
Figura 15: Potenciômetro e o seu símbolo de representação



Fonte: O autor.

Após passar pelo potenciômetro e pelo capacitor, o sinal modulante será enviado até o destinatário através de um cabo P2 que será conectado na saída do capacitor. O destinatário utilizado foi uma caixa de som com uma entrada do tipo P2 onde o sinal elétrico da modulante será transformado em sinal sonoro e assim fechar a comunicação entre o circuito inicial e o circuito final. Na figura 16 é mostrado o circuito receptor completo construído por meio de símbolos.

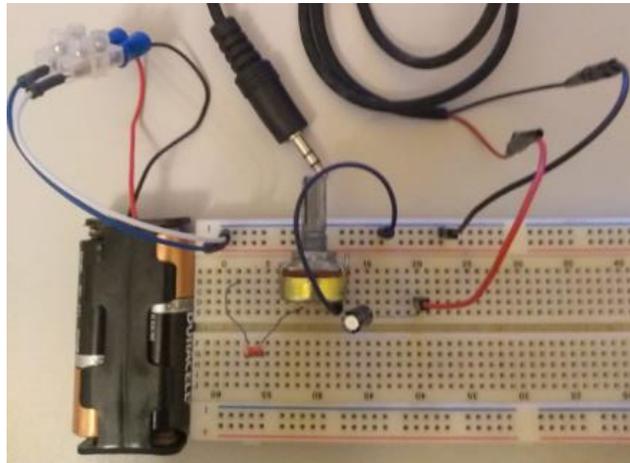
Figura 16: Circuito receptor através de símbolos



Fonte: O autor.

Na Figura 17 é mostrada uma foto dos componentes do circuito receptor conectados em uma placa do tipo “protoboard” na prática. O cabo P2 mostrado na figura é conectado a uma caixa de som que não foi adicionada à imagem.

Figura 17: Circuito receptor montado na placa protoboard



Fonte: O autor.

É importante salientar a necessidade de colocar os dois circuitos em placas diferentes. Com isso, é possível explicar cada componente do circuito separadamente, o esquema dentro da placa, além de explorar o fator interativo do problema, ou seja, é possível afastar os dois circuitos e perceber a interação entre eles alterando a distância entre as duas partes.

4.2 SEQUÊNCIA DIDÁTICA

A sequência didática aqui proposta traz consigo o objetivo da formação qualitativa acerca da comunicação à distância utilizando ondas eletromagnéticas. Devido à dinâmica de sala de aula e todas as interações internas e externas que podem influenciar na prática, esta proposta será dividida em momentos e não em quantidades de aulas. Sendo assim, tal proposta será dividida em quatro etapas com atividades específicas. Nas subseções a seguir serão detalhadas cada uma das etapas trazendo consigo a sua relevância na construção do conhecimento durante a aplicação da sequência didática.

4.2.1 Explicação sobre a proposta e objetivos pretendidos

O primeiro passo para a aplicação da sequência didática consiste em explicar aos alunos sobre como a atividade ocorrerá. Apresentando a necessidade de se estudar a telecomunicação utilizando as ondas eletromagnéticas e qual a sua importância para o cotidiano e para a sociedade como um todo.

Essa etapa tem como objetivo buscar motivar e verificar os conhecimentos prévios e os interesses que os alunos possuem acerca: da história e do desenvolvimento da comunicação, de como se dá a comunicação à distância nos dias de hoje, o que é uma onda eletromagnética e, principalmente, em quais situações podemos ver o uso de ondas eletromagnéticas sendo utilizadas na comunicação.

Para que isso ocorra, é importante fazer com que seja uma prática participativa e interativa com o aluno buscando trazer problemáticas e questionamentos que façam parte da sua realidade. Esse primeiro momento terá um caráter norteador para o aluno e para o profissional para que, dessa forma, consiga adaptar a sua prática para que fique o mais próximo possível da realidade do aluno.

4.2.2 A comunicação dos homens e sua mudança ao longo dos tempos

A segunda etapa da sequência traz consigo um pouco de explanação sobre o contexto histórico, mostrando a importância da comunicação em todas as épocas em que o homem viveu até as tecnologias mais utilizadas nos dias de hoje. A proposta é mostrar como a comunicação foi evoluindo aos poucos de acordo com o desenvolvimento do homem levando em conta as suas necessidades e a estrutura da sociedade que ele pertencia.

Dessa forma, serão feitas considerações desde os primeiros gestos e sons que eram empregados nos primórdios até a comunicação intercontinental utilizada nos dias de hoje por meio das ondas eletromagnéticas usadas em conjunto com satélites ou mesmo as fibras ópticas.

Esta etapa deve ser trabalhada de maneira informativa utilizando um contexto que faça sentido para o aluno e que seja, o máximo possível, próximo de sua realidade afim de fazer com que o conteúdo seja mais coerente e familiar. A parte destinada à explicação dos detalhes e o esquema básico da telecomunicação serão trabalhados na etapa 3.

A utilização de slides pode ser uma boa aliada nesta etapa visto a possibilidade de serem mostradas imagens, gifs e vídeos que irão agregar positivamente no desenvolvimento da atividade.

4.2.3 Ondas eletromagnéticas: descoberta e utilização

A terceira etapa da sequência didática terá um aspecto mais técnico e científico. No início dessa etapa, é interessante trazer um pouco da correlação entre o eletromagnetismo e a óptica que, apesar de serem conteúdos estudados separadamente, eles estão diretamente conectados e um depende do outro para existir. Isso pode ser feito trazendo um pouco da história do eletromagnetismo clássico e como o Maxwell conseguiu provar teoricamente que a luz é uma onda eletromagnética, e como Hertz conseguiu provar isso experimentalmente.

Após essa introdução, é interessante apresentar o espectro eletromagnético a fim de mostrar a variedade das ondas eletromagnéticas, os fatores que diferenciam umas das outras, como frequência e comprimento de onda, e um pouco sobre as suas aplicações. Essa etapa proporciona a possibilidade de falar sobre a interdisciplinaridade da ciência mostrando que não existe apenas física, química ou biologia, todos fazem parte de uma realidade maior onde existe a cooperação para o desenvolvimento da ciência e da humanidade como um todo.

Esse aporte teórico nos levar até o objetivo principal que é estudar a utilização dessas ondas na telecomunicação e trazendo também o esquema da Figura 6 que traz a sequência básica de como funciona a comunicação à distância.

4.2.4 Prática experimental

Após a introdução teórica apresentada nas etapas anteriores, esse momento é dedicado para a demonstração prática de maneira investigativa de uma comunicação entre dois pontos utilizando uma onda eletromagnética. No experimento aqui apresentado, foi utilizada uma onda dentro do espectro visível na cor vermelha. Isso foi pensado para utilizar a visão do aluno como um recurso para facilitar o entendimento do fenômeno.

Durante a prática, algumas variáveis podem ser alteradas como o sinal da fonte de informação, a distância entre o emissor e o receptor e o volume do caixa de som utilizado. Além disso, é possível fazer algumas interações com a trajetória da onda de luz como jogar algum pó na luz do laser a fim de ouvir a interferência através do caixa de som ou mesmo colocar um objeto interceptando a luz fazendo com que a informação não chegue até o circuito receptor.

É importante mostrar que essas interações acontecem independentemente do tipo de onda utilizada. Isso pode ser mostrado falando, por exemplo, como o sinal de rádio fica ruim à medida que nos afastamos da torre ou mesmo quando entramos em um túnel ou quando estamos utilizando a internet de casa e nos afastamos demais do modem. Este é um bom ponto para enfatizar a utilização da fibra óptica que aparece como uma boa ferramenta para amenizar grande parte das perdas e interferências que ocorrem entre o emissor e o receptor de sinal.

Ao final da prática, é esperado que o aluno consiga entender cada etapa do processo de telecomunicação e consiga generalizar esse conhecimento para qualquer situação semelhante que ele se depare.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS E PERSPECTIVAS FUTURAS

A telecomunicação é um fator de extrema relevância para a vida em sociedade. Tanto a sua utilização quanto o seu desenvolvimento cotidiano são fatores que fazem com que o estudo de tal temática seja tão relevante para todo cidadão e, principalmente, para todo aluno de médio.

A proposta apresentada mostra-se como uma ferramenta para ensino da telecomunicação por meio da combinação de mais de uma metodologia a fim de chegar a um resultado satisfatório. Tanto a sequência didática, em toda a sua totalidade, quanto a prática experimental possuem seus pontos positivos complementando uma à outra em busca de um objetivo final: a construção do conhecimento com o aluno.

Tanto o experimento quanto a sequência didática podem ser adaptados a depender do público alvo com quem se deseja trabalhar, podendo ser ferramentas na difusão da ciência e tecnologia. Em turmas de ensino fundamental 2, é possível sua utilização de modo a gerar um conhecimento informativo junto com o aluno. Enquanto que em turmas de ensino médio, é possível adaptar a proposta de modo a gerar uma formação mais completa principalmente nos itinerários formativos que se fazem presentes no novo ensino médio. Tal formação se dá pelo entendimento de cada etapa da comunicação à distância, a função dos componentes utilizados e a generalização do conhecimento para toda e qualquer comunicação que faça parte do seu cotidiano.

O kit didático apresentado ainda pode ser usado em diversos conteúdos relacionados a ensinamentos técnicos de engenharia e de ciências, levando aos laboratórios de universidades pode se mostrar de grande valia no ensino superior. Outra forma de utilização do experimento pode ser em feiras e apresentações de ciências de diversas faixas escolares.

Como perspectivas futuras, pretende-se fazer algumas atualizações no experimento proposto como, por exemplo, a utilização de uma fibra óptica como meio de comunicação entre o circuito emissor e o circuito receptor de modo a mostrar na prática uma comparação entre uma comunicação através do espaço livre e uma comunicação utilizando fibra óptica e possibilitar uma nova variação de fenômenos físicos que podem ser abordados com esta modificação.

Além das atualizações, pretende-se fazer a produção de um material didático de maneira a gerar um maior detalhamento do processo e uma proposta de avaliação

além de mostrar os pontos positivos e negativos da utilização da sequência didática no ensino médio.

Por fim, é importante frisar que a prática experimental pode ocorrer de maneira independente sem a utilização da sequência didática e esse enfoque pode ser interessante quando houver um foco nos conteúdos programáticos do terceiro ano do ensino médio. Ressaltando que o experimento é uma ótima ferramenta para estudar conteúdos da base comum curricular como: a) ondulatória, buscando um maior entendimento sobre frequência, comprimento de onda, velocidade, modulação, ondas eletromagnéticas e interferência; b) eletrodinâmica, que traz consigo alguns conceitos como fontes de tensão, corrente elétrica, resistência e capacitores; e, c) física moderna, onde é possível o estudo do LASER junto com sua relevância histórica e ciência envolvida e a aprendizagem do efeito fotoelétrico através da análise do LDR.

REFERÊNCIAS

- AGRAWAL, Govind P. **Sistemas de comunicação por fibra óptica**. 4. ed. rev. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. 713 p.
- ALVES, Gilvan. **Representação esquemática de uma modulação AM**. <<https://www.dicasecuriosidades.net/2017/01/qual-e-diferenca-entre-as-ondas-de.html>. > Acesso em julho, 2022.
- ARAÚJO, Mauro Sérgio Teixeira de; ABIB, Maria Lúcia Vital dos Santos. **Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, vol. 25, no. 2, páginas 176-1974, Junho, 2003.
- ARDUINOMODULES. **LASER vermelho KY – 008 e seu símbolo de representação** <https://arduinomodules.info/download/ky-008-laser-transmitter-module-zip-file/>. Acessado em agosto de 2022.
- Azevedo, M. C. P. S. (2012). **Ensino por investigação: problematizando as atividades em sala de aula**. In: CARVAHO, A.M.P. (Org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática (pp. 19-33). São Paulo: Cengage Learning.
- BORDENAVE, Juan E. Díaz. **O que é comunicação**. 1. ed. São Paulo: Brasiliense, 1997. 106 p. v. 1.
- BORGES, A. T. Novos Rumos para o Laboratório Escolar de Ciências**. Colégio Técnico da UFMG, Belo Horizonte. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3, p. 291-313, dez, 2002.
- Brasil: MEC, 2006. Nacionais (**PCN+**). Ciências da Natureza e Matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC, 2006a.
- BRASIL. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio: Ciências da Natureza, Matemática e suas tecnologias**. 1. ed. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006b. 135 p. v. 2. ISBN 85-98171-43-3.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, LDB**. 9394/1996.
- BRASIL.

BRASIL, Ministério da Educação, (2000). **Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio**. Brasília, MEC/SEF.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

FREITAS, João Francisco Liberado de. **Amplificadores ópticos, estudos de polarização e geração de pulso usando processos paramétricos em fibras ópticas**. Orientador: Anderson S. Leônidas Gomes. 2007. 150 f. Tese (Doutorado em física) - Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2007.

GONÇALVES, Fávio Peres. **O Texto de Experimentação na Educação em Química: Discursos Pedagógicos e Epistemológicos**. Orientador: Prof. Dr. Carlos Alberto Marques. 2005. 140 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2005.

GOOGLE. **Mapa mundial de fibra óptica em 2022**. Disponível em: <<https://www.submarinecablemap.com>> Acesso em agosto, 2022.

GRIFFITHS, David J. **Eletrodinâmica**. 3. ed. [S. l.]: Editora Pearson, 2010. 426 p. ISBN 9788576058861.

HALLIDAY, David, 1916-2010 **Fundamentos de física, volume 4: óptica e física moderna** / David Halliday, Robert Resnick, Jearl Walker; tradução Ronaldo Sérgio de Biasi. - 10. ed. - Rio de Janeiro: LTC, 2016.

HEWITT, Paul G. **Física conceitual**. 9. ed. São Paulo: Bookman, 2002. 685 p. ISBN 853630040X, 9788536300405.

MACEDO, Robson Ancelme de. **Uso de materiais de baixo custo para o ensino de eletromagnetismo no ensino médio**. Orientador: Dr. Ladário da Silva. 2016. 121 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Fluminense, Volta Redonda, 2016.

MEDEIROS, Julio César de O. **Princípios de Telecomunicação: Teoria e Prática**. 2. ed. São Paulo: Editora Érica Ltda., 2007. 321 p. ISBN 978-85-365-0033-1.

MOECKE, Marcos. **Conversão de sinais para transmissão**. São José – SC: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais-SC, 2004.

MORAES, J. U. P. **Experimentos didáticos no ensino de física com foco na aprendizagem significativa.** *Meaningful Learning Review* – V4, pp. 61-67, 2014.

MOREIRA, Marco Antonio. **Ensino de física no Brasil: Retrospectiva e Perspectivas.** Instituto de Física, UFRGS. Porto Alegre, RS, 2000.

MOURÃO, Matheus Fernandes; SALES, Gilvandenys Leite. **O uso de ensino por investigação como ferramenta didático-pedagógica no ensino de física.** *Experiências em Ensino de Ciências*, [s. l.], v. 13, n. 5, p. 428-440, 2018.

PAIVA, Valdir Avelino de; SILVA, Luandson Luis da; FARIAS, Joel Nunes de. **O ensino de ciências através de experimentos e modelos científicos.** V CONEDU, Recife, 2018.

PERLES, João Batista. **Comunicação: conceitos, fundamentos e história.** Faculdade de Selvíria – MS, 2007.

PEREIRA, Carlos Augusto; CARPANEZI, Reginaldo da Silva. **Protótipo acadêmico do sistema TPMS (Tire pressure monitoring system).** Orientador: Prof. Wesley Medeiros Torres. 2014. 74 p. Monografia (Tecnólogo) - FATEC Santo André, Santo André - São Paulo, 2014.

ROSA, C. W; ROSA, A. B; **O ensino de ciências (Física) no Brasil: da história às novas orientações educacionais.** *Revista Ibero americana de Educación / Revista Ibero-americana de Educação.* ISSN: 1681-5653. n.º 58/2. Jan 2012.

SALMERON, Roberto A. **Eletromagnetismo: Noções Sobre Oscilações Elétricas e Ondas Eletromagnéticas.** 1. ed. São Paulo: Centro de Ensino e Pesquisa Aplicada, 2003. *E-book.* Disponível em: < http://www.cepa.if.usp.br/e-fisica/electricidade/basico/cap18/cap18_09.php>. Acessado em julho de 2022.

SANTOS, Camila Alice Silva *et al.* **Recriação do experimento de hertz. A aplicação do conhecimento científico,** [s. l.], ano 2019, p. 202-212, 2019.

SAVIANI, Dermeval. **Escola e democracia: teorias da educação, curvatura da vara, onze teses sobre educação e política!** 32. ed.- Campinas, SP: Autores Associados, 1999. - (Coleção polêmicas do nosso tempo; v.5)

SILVA, W. P.; SILVA, C. M. D. P. S.; FERREIRA, T.V.; ROCHA, J. S.; SILVA, D.D. P. S.; SILVA, C.D.P. S. **Velocidade do Som no Ar: Um Experimento Caseiro com**

Microcomputador e Balde D'água. Revista Brasileira de Ensino de Física, vol. 25, no. 1, março, 2003.

SOARES, Leandro Valle. **A Construção de Experimentos pelos Alunos do Ensino Técnico Integrado ao Médio: Uma Proposta de Resolução de Problemas no Contexto de uma Mostra Escolar de Ciência e Tecnologia.** Dissertação de Mestrado – Universidade Federal do Espírito Santo, 2015.

SUBMARINE CABLE MAPS. Disponível em:

<<https://www.submarinecablemap.com/>>. Acesso em outubro de 2021.

USINAINFO. **Amplificador PAM8403 - GF1002 com indicativo de seus canais.**

Disponível em: < <https://www.usinainfo.com.br/img/cms/fotos-descricao/Mini%20amplificador%20de%20audio.jpg> > Acessado em agosto de 2022.